



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 56/2018

# **Biohiili turkislannan katteena, kompostin seosaineena ja kasvualustoissa**

Loppuraportti

Maarit Hellstedt, Kari Tiilikkala, Mirja Mustonen, Kristiina Regina,  
Tapio Salo, Liisa Särkkä ja Riitta Kempainen

# Biohiili turkislannan katteena, kompostin seosaineena ja kasvualustoissa

## Loppuraportti

Maarit Hellstedt, Kari Tiilikkala, Mirja Mustonen, Kristiina Regina, Tapio Salo,  
Liisa Särkkä ja Riitta Kemppainen



Hellstedt, M., Tiilikkala, K., Mustonen, M., Regina, K., Salo, T., Särkkä, L. ja Kemppainen, R. 2018. Biohiili turkislannan katteena, kompostin seosaineena ja kasvualustoissa : Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 63 s.

ISBN: 978-952-326-652-0 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-653-7 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-653-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Maarit Hellstedt, Kari Tiilikkala, Mirja Mustonen, Kristiina Regina, Tapio Salo, Liisa Särkkä ja Riitta Kemppainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2018

Julkaisuvuosi: 2018

Kannen kuva: Liisa Särkkä

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

# Tiivistelmä

Maarit Hellstedt, Kari Tiilikkala, Kristiina Regina, Tapio Salo, Liisa Särkkä, Luonnonvarakeskus  
Mirja Mustonen, Kalajoen kaupunki

Turkistarhoilta muodostuvat ravinne- ja kasvihuonekaasupäästöt ovat asettaneet elinkeinon jatkuvuuden epävarmaksi. Tämän hankkeen tarkoituksena oli löytää turkistarhoille toimivia ratkaisuja ympäristökuormituksen vähentämiseksi ja sitä kautta parantaa turkistuotannon edellytyksiä sen tärkeillä tuotantoalueilla kuten Kalajoella.

Hankkeen tavoitteena oli löytää biohiilen ominaisuuksia hyödyntämällä liiketoiminnalliset ratkaisumallit turkistarhojen lannan hyödyntämiseen, jatkokäsittelyyn sekä ympäristökuormituksen vähentämiseen. Lisäksi hankkeen tavoitteena oli rakentaa paikallinen toimijaverkosto, joka jatkaa hankkeessa kehitetyn lantatuotteen valmistusta.

Biohiili osoittautui hyväksi lannan kateaineeksi, joka vähensi ammoniakkipäästöjä. Kate pienensi selvästi ketunlannan ammoniakkipäästöjä varjotalojen alta. Minkinlannassa teho oli heikompi, koska lanta kertyi korkeiksi keoiksi ja kontakti hiilen kanssa jäi huonoksi. Kun keot kaadettiin, päästö pieneni selvästi, mutta kolmen päivän kuluttua katteen teho heikkeni. Myös seosaineena biohiili alensi kompostointiprosessin poistokaasujen ammoniakkipitoisuutta. Biohiiliturveseoksen lisääminen kompostimassaan vähensi ammoniakin päästöjä keskimäärin 38 % ja metaanin päästöjä 34 % koko mittausjaksolla verrattuna pelkkään lantakompostiin. Biohiili ei vaikuttanut dityppioksidin päästöön, ja vähensi hieman (15 %) hiilidioksidin muodostusta.

Astiakokeilla selvitettiin turkislantakompostin soveltuvuutta kasveille ja kompostiin lisätyn biohiilen vaikutusta kasvutuloksiin. Kompostien sisältämä liukoinen typpi vaikutti raiheinän kasvuun samoin kuin mineraalilannoitteen epäorgaaninen typpi. Kompostien orgaanisesta tyypestä havaittiin pitkän kasvatusajan myötä hieman lannoitusvaikutusta. Komposti, jossa biohiili oli lisätty jo tarhalla, tuotti hieman muita komposteja paremman satovasteen lisätylle typelle. Ohralla tehdyt peltoviljelykokeet varmistivat tätä tulosta.

Kasvihuoneviljelykokeen tulosten perusteella 100 % biohiiliturkislantakomposti soveltui hyvin salaatin ja basilikan kasvatukseen. Sen sijaan orvokin lehtien reunoille ilmestyi kokeen aikana kuivia läikkiä, mikä kuvasti sitä, että kasvualusta ei ollut sille paras mahdollinen. Siksi kasvihuonekokeita tulisi jatkaa sekä kompostin ominaisuuksille herkillä kasvilajeilla että muilla kasvihuonekasveilla, jotta seokset pystytään optimoimaan mahdollisimman monille kasveille sopiviksi.

Kasvatuslaatikkona käytetty pahvilaatikko soveltui hyvin kasvatukseen katetuissa olosuhteissa. Seosaineena käytettynä biohiili paransi kompostin vedenpidätyskykyä, jolloin kasvualustojen kastelutarve pieneni oleellisesti. Tämän ominaisuuden huomioimisen ohjeistaminen on oleellista kasvualustan markkinoinnissa ja käyttösuosituksissa.

Hankkeen aikana rakentui Kalajoelle toimijaverkosto, joka perusti yhtiön jatkamaan hankkeessa kehitetyn kasvualustan valmistusta ja markkinointia. Kasvuhakuinen yritys panostaa jatkossa myös uusien tuotteiden kehittämiseen.

Hankkeen onnistumiseen on merkittävästi vaikuttanut toimijaverkosto, johon onnistuttiin löytämään innovatiivisia ja innostuneita tahoja, kuten StoraEnso ja Tuorilan Puutarha. BSAGn osallistuminen tuotteistamisprosessiin toi hankkeeseen uutta osaamista ja erilaista katsantokantaa.

Asiasanat: Biohiili, turkislanta, kompostointi, kasvualusta, kaasumaiset päästöt, haju



# Sisällys

<b>Tiivistelmä .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Johdanto .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Laboratoriokokeet .....</b>	<b>8</b>
2.1. Kokeen järjestely.....	8
2.2. Tulokset.....	9
2.2.1. Massojen muutokset .....	9
2.2.2. Kaasumaiset päästöt .....	10
<b>3. Biohiilikate turkistarhoilla.....</b>	<b>12</b>
3.1. Katteen levitysjärjestely.....	13
3.2. Tarhojen kaasumaiset päästöt.....	13
3.3. Katteen vaikutus hajunmuodostukseen .....	15
3.4. Valumavedet tarhoilta .....	17
<b>4. Biohiili kompostointiprosessissa .....</b>	<b>18</b>
4.1. Kompostoinnin järjestely .....	19
4.2. Alkukompostoinnin kaasumaiset päästöt.....	20
4.3. Kompostin kypsyminen.....	21
4.4. Alkukompostoinnin suotovedet.....	22
<b>5. Kompostituotteen pilotoinnit .....</b>	<b>23</b>
5.1. Astiakokeet .....	23
5.2. Peltoviljelykokeet.....	27
5.3. Viherrakennuspilotti .....	28
5.3.1. Kalajoen koe.....	28
5.3.2. Levin tulokset ja kokemukset .....	29
5.4. Kasvihuoneviljelykokeet.....	29
5.4.1. Piikkiön koe salaatilla, basilikalla ja orvokilla .....	29
5.4.2. Kasvatus- ja pakkauksen toimivuuskokeet yksityisellä kasvihuoneella.....	47
5.4.3. Kuluttajapakkausten kasvatuskokeilut.....	48
<b>6. Liiketoimintamallit .....</b>	<b>49</b>
<b>7. Tuotantoprosessisuunnittelu .....</b>	<b>54</b>
7.1. Tila- ja laitetarpeet.....	54
7.2. Automaatio .....	54
<b>8. Kompostin tuotteistaminen .....</b>	<b>56</b>
8.1. Tuotteistamisen lainsäädäntö.....	56
8.1.1. Laitos- ja tuotehyväksynät .....	56
8.1.2. Tuoteselosteet .....	57

8.2. Markkinaselvitykset .....	57
8.3. Kyselytutkimus .....	58
<b>9. Alueellinen verkostoituminen ravinnekierrätyksen edistämisessä.....</b>	<b>59</b>
<b>10.Johtopäätökset.....</b>	<b>61</b>
<b>Kirjallisuus .....</b>	<b>63</b>

# 1. Johdanto

Turkistarhoilta muodostuu tällä hetkellä ravinne- ja kasvihuonekaasupäästöjä sekä hajuhaittaa, joihin ympäristöviranomaiset ovat puuttuneet. Tämä on asettanut elinkeinon jatkuvuuden ja imagon kyseenalaiseksi. Uusia ratkaisuja tarvitaan kipeästi. Kalajoella ja sen lähialueilla on käynnistymässä laaja Cleantech -toimintakokonaisuus. Siinä yhtenä osana on turkistarhojen lannan käsittelyn kehittäminen ja tuotannon ympäristövaikutusten vähentäminen.

Toimivia turkistiloja oli Suomessa vuonna 2012 980 kpl ja niiden liikevaihto oli yhteensä 304,8 milj. €. Kalajoella oli v. 2012 69 turkistilaa, joiden yhteinen liikevaihto oli 25 milj. €, mikä on noin 8 % koko maa vastaavasta. Vuonna 2013 Kalajoen vastaavat luvut olivat 70 tilaa ja 39 milj. € (ProFur 2013). Turkiseläinten rehussa käytettävän silakan ja kilohailin mukana merestä on vuosittain poistunut enimmillään 2000 tonnia typpeä ja 300 tonnia fosforia (Rekilä ym. 2010). Turkistuotannon kokonaispäästöt (maahan, veteen ja ilmaan) olivat esimerkiksi vuonna 1993 43 tonnia typpeä ja 50 tonnia fosforia, joten tuotanto vähentää ympäristökuormitusta nettomääräisesti (Kapuinen 2013). Suuri osa poistuvista ravinteista päättyy turkiseläinten lantaan.

Turkistarhoilta muodostuvien kasvihuonekaasupäästöjen määräksi on arvioitu 120 Gg CO<sub>2e</sub>. Tarhojen ympäristölupiin liittyvistä vastineista päätellen myös tarhoilta muodostuva haju koetaan häiritseväksi. Hajuhaittaa aiheuttaa etenkin ammoniakki (NH<sub>3</sub>), jonka päästöjä Suomi ei ole pystynyt vähentämään päästökattodirektiivin edellyttämällä tavalla. Näistä päästöistä suurin osa tulee lannasta. Lisäämällä biohiiltä turkislantaan jo tarhoilla, voidaan tarhojen kaasu- ja ravinnepäästöjä vähentää huomattavasti (Fagnäs ym. 2011; Doydora ym. 2011). Tiilikalan ym. (2013) turkistarhalla toteutetussa biohiilen käyttödemonstraatiossa todettiin, että hajunmuodostusta voidaan torjua, kun biohiiltä levitetään lannan päälle noin 10 vrk välein. Hiilen levitykseen tarvitaan laitekehitystä. Lannan mukana peltoon levitettynä biohiili parantaa maan vedenpidätyskykyä (Karhu ym. 2011), maan rakennetta (Sun & Shenggao 2014) ja maan hiilivarastoa toimien näin ilmastomuutoksen ehkäisijänä (Mao ym. 2012). Biohiilellä voidaan korvata katemateriaalina yleisesti käytettyä turvetta, mikä vähentää ympäristölle haitallista turvetuotantoa.

Lannankäsittelyn kasvihuonekaasupäästöt ovat vain 12 % maatalouden päästöistä, joten niissä aikaan saatujen päästövähennysten osuus ei ole kovin merkittävä kokonaisuuden kannalta. Lannankäsittelyn kehittämisen merkitys korostuu kuitenkin alueilla, joissa laajenevan eläintuotannon lannanlevitysalan tarve lisää pellonraivausta ja sitä kautta maaperän päästöjä. (Regina ym. 2014) Tilanne on vastaava turkistarhojen läheisyydessä, missä lannan levityksen seurauksena tarhojen läheisyydessä olevien peltöjen fosforitaso on noussut, ja muodostaa ongelman lannan käytölle peltoviljelyssä jatkossa. Siten turkiseläinten lannalle tulee löytää muita käyttötapoja. Kalajoen alueella turkistuottajat ovat toimittaneet lantaa kompostointilaitokselle, joka nyt on lopettamassa toimintaansa. Turkistarhojen lanta on tähän asti ollut ongelmajätettä, jonka käsittelystä kompostointilaitoksissa peritään porttimaksu.

Kun turkiseläinten tuottamaan lantaan sekoitetaan tarhoilla biohiilen ja turpeen seosta, lannasta saadaan raaka-ainetta kompostointilaitokselle, jossa siitä jalostetaan orgaanista lannoitetta. Biohiilen on havaittu olevan hyvä seosaine (Steiner ym. 2011). Orgaaninen lannoite soveltuu elintarvikkeiden tuottamiseen, koska siinä ei ole haitallisia jäämiä. Turkiseläinten lannan hyödyntäminen lannoitteeksi on tehokas tapa siirtää Itämeren fosforia kalarehun muodossa takaisin elintarvikkeiden tuotantoketjuun. Tällä voidaan korvata rajallisen väkilannoitefosforin käyttöä. Orgaanisen lannoitteen muodossa turkiseläinten lannan ravinteita voidaan kierrättää tuotannon ulkopuolelle. Tuotetta on mahdollista markkinoida peltoviljelyyn, viherrakentamiseen, kotipuutarhoille ja myös parvekeviljelyyn. Näin lannan ravinteita pystytään kierrättämään paitsi alueellisesti myös laajemmille markkinoille kotimaassa ja ulkomailla.

Turkistuotannon sosiaalinen hyväksyttävyys on ollut esillä, ja useat tahot ovat esittäneet tuotannon lopettamista kokonaan Suomesta. Vähentämällä turkistarhojen ympäristökuormitusta ja haju-

haittaa sekä luomalla turkiseläinten lannasta ravinteiden kierrätystä edistävä orgaaninen tuote, voidaan tarhauksen imagoa parantaa.

Hidaspyrolyysituotealalla on tutkimuksen vieminen kannattavaksi liiketoiminnaksi ollut vaikeaa ja sisältänyt erityisiä haasteita. Grillihiilen ja tisleen osalta on tosin menekkiä ollut jonkin verran. Tiilikalan ym. (2013) mukaan aluetasoilla on olemassa selvä tarve koota biomassojen tuottajat, prosessoijat sekä pyrolyysituotteiden käyttäjät yhteen selvittämään, miten pyrolyysitekniikkaa hyödynnetään osana: a) koko talousalueen teknologiakehitystä b) suurten materiaalmassojen käyttöä sekä c) uusien tuotteiden kaupallistamista.

Tämän hankkeen tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia vaikutuksia biohiilen käytöllä on turkistarhoilta muodostuviin päästöihin ja minkälaisia tuotteita turkiseläinten tuottamasta lannasta on mahdollista jalostaa, kun siihen sekoitetaan biohiilen ja turpeen seosta. Tällä hankkeella paikattiin myös biohiilen hyödyntämisen esteenä olevaa tutkimustiedon puutetta. Uusilla biohiiltä sisältävillä tuotteilla lisätään biohiilen kysyntää, mikä alentaa sen tuotantokustannuksia ja parantaa sen taloudellisia käyttömahdollisuuksia erilaisissa ravinnekierrätystä tehostavissa tuotteissa.

Hanke aloitettiin laboratoriokokeella, jolla selvitettiin, minkä paksuinen kerros biohiili-turvekatetta tarvitaan vähentämään lannasta muodostuvia kaasumaisia päästöjä, ja miten pitkään katekerroksen vaikutus kestää. Tämän jälkeen siirryttiin käytännönmittakaavan kokeihin turkistarhoille ja kompostointilaitokselle. Turkislantakompostin soveltuvuutta erilaisille kasveille testattiin sekä pienimuotoisilla astiakokeilla että käytännön kokeilla pellolla ja kasvihuoneilla. Kokeellisen toiminnan rinnalla selvitettiin lisäksi turkislantakompostin valmistuksen tuotantoprosesseja, liiketointamalleja ja tuotteistamisen vaatimuksia sekä alueellisen verkostoitumisen mahdollisuuksia ja hyötyjä.

## 2. Laboratoriokokeet

### 2.1. Kokeen järjestely

Biohiili-turveseoksen optimaalinen määrä selvitettiin laboratoriokokeella, jossa lantaa sisältävien saavien päälle levitettiin eri määriä seosta katteeksi. Kaasumittaustulosten perusteella määritettiin päästöjä merkittävästi vähentävä katteen määrä myöhempien kokeiden toteutusta varten. Kokeessa käytetyt materiaalit ja niiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Koeastioina käytettiin 30 litran saaveja, joista kuhunkin lantaa mitattiin 25 litraa, kuva 1.

**Taulukko 1.** Laboratoriokokeessa mukana olleet materiaalit ja niiden ominaisuudet.

Koemateriaali	Kokonais-N g/kg	Ammonium_N g/kg	Kokonais-P g/kg	K g/kg	Kuiva-aine %
Lanta, minkki	15,99	5,18	9,580	1,824	23,31
Lanta, kettu	15,99	5,11	10,815	1,585	22,33
Kate, turve	5,94	0,05	0,182	0,077	60,01
Kate, biohiili	3,07	0,00	0,388	1,546	94,93

Koe toteutettiin 16.11.–7.12.2015. Koe tehtiin ketun ja minkinlannoilla erikseen ja kateaineena käytettiin 50/50 tilavuusosin sekoitettua biohiiliturveseosta. Käsittelyinä olivat biohiiliturveseokset 5 %, 10 % ja 20 % lannan tilavuudesta sekä verrokkina pelkkä lanta. Koe toteutettiin neljänä kerran-teenä. Ensimmäisen viikon koeastiat olivat säähuoneessa, jossa lämpötilaa ja kosteutta voitiin säädellä, taulukko 2. Ensimmäisen viikon ajan biohiiliturveseos oli lantojen katteena. Toisen ja kolmannen viikon, jolloin biohiiliturveseos oli sekoitettuna lantaan, koeastiat olivat biolaboratoriotilassa, jossa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta ei enää säädelty.

**Taulukko 2.** Laboratoriokokeen toteutus, säähuoneen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden säädöt.

ma	ti	ke	to	pe	la	su	ma
Kokeen rakentaminen säähuoneeseen	I lämpötila 2-5 °C		II lämpötila 13-17 °C		III lämpötila 22-25 °C		Koeastioiden siirto biolaboratorioon
Suhteellinen kosteus koko ajan 60-65 %					Suhteellinen kosteus 40-50%		

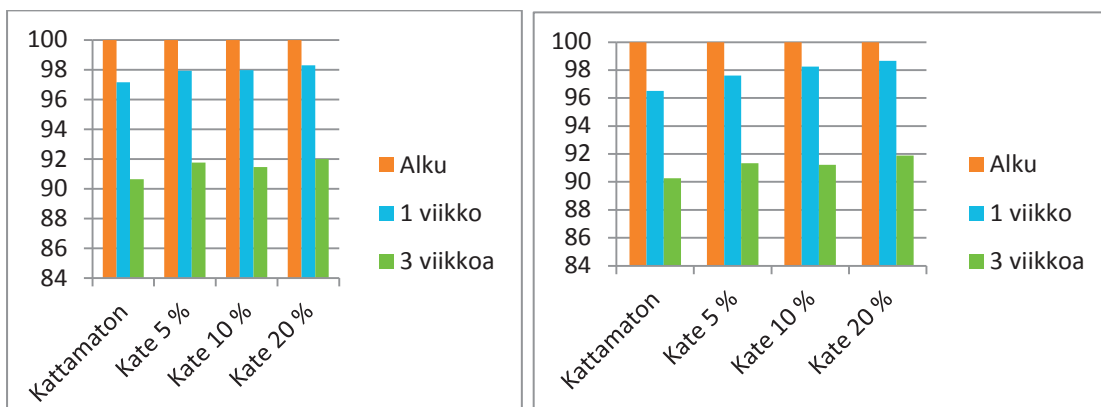


**Kuva 1.** Turkislantojen laboratoriokokeen astiat, seosaineet ja kaasumittauslaite. Kuvat Maarit Hellstedt.

## 2.2. Tulokset

### 2.2.1. Massojen muutokset

Koeastiat punnittiin kokeen alussa, 1 viikon kuluttua ja 3 viikon kuluttua. Viikon koejakson jälkeen tehdyllä punnituksella voitiin selvittää katteiden vaikutusta massan pienenemiseen ja kolmen viikon punnituksella lantaan sekoitettujen seosaineiden vaikutusta massamuutoksiin. Havaitut massamuutokset olivat melko pieniä (Kuva 2). Sekä katteena käytetty että seosaineena ollut biohiiliturveseos pienensivät massan vähenemistä 1–2 %-yksikköä verrattuna kattamattomaan ja seosaineettomaan käsittelyyn. Katteen/seosaineen vaikutus oli suurin 20 %:n käyttömäärällä. Minkin ja ketunlantojen välillä ei havaittu eroja. Todennäköisesti tätä suurempi katemäärä olisi vielä pienentänyt massavähenemää, mutta suurempi käyttömäärä ei ole käytännössä toteutettavissa lisääntyvien työmäärän ja kustannusten kasvun vuoksi.



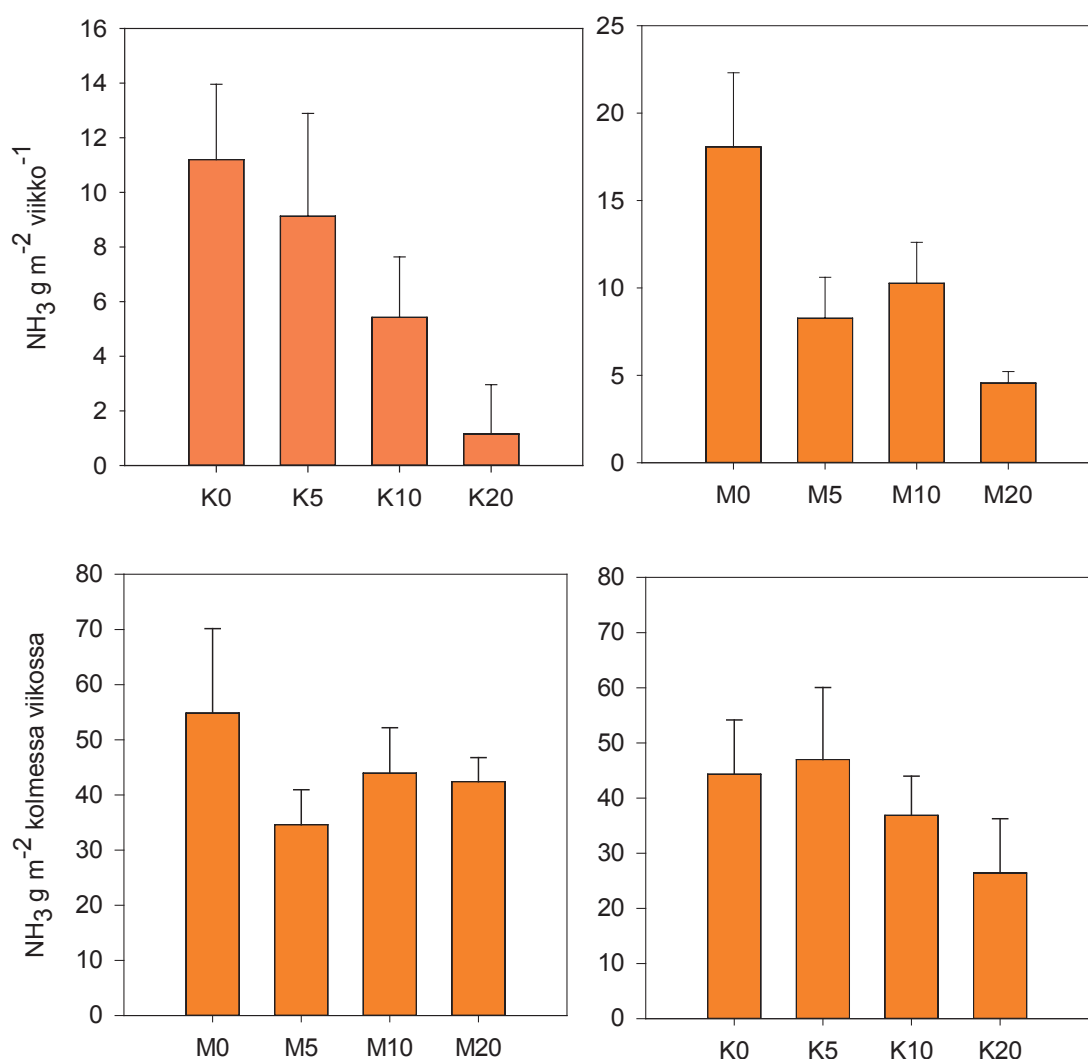
**Kuva 2.** Katteena ja seosaineena käytettyjen biohiiliturveseosten vaikutus massan pienentymiseen minkin (vasen) ja ketun (oikea) lannoilla.



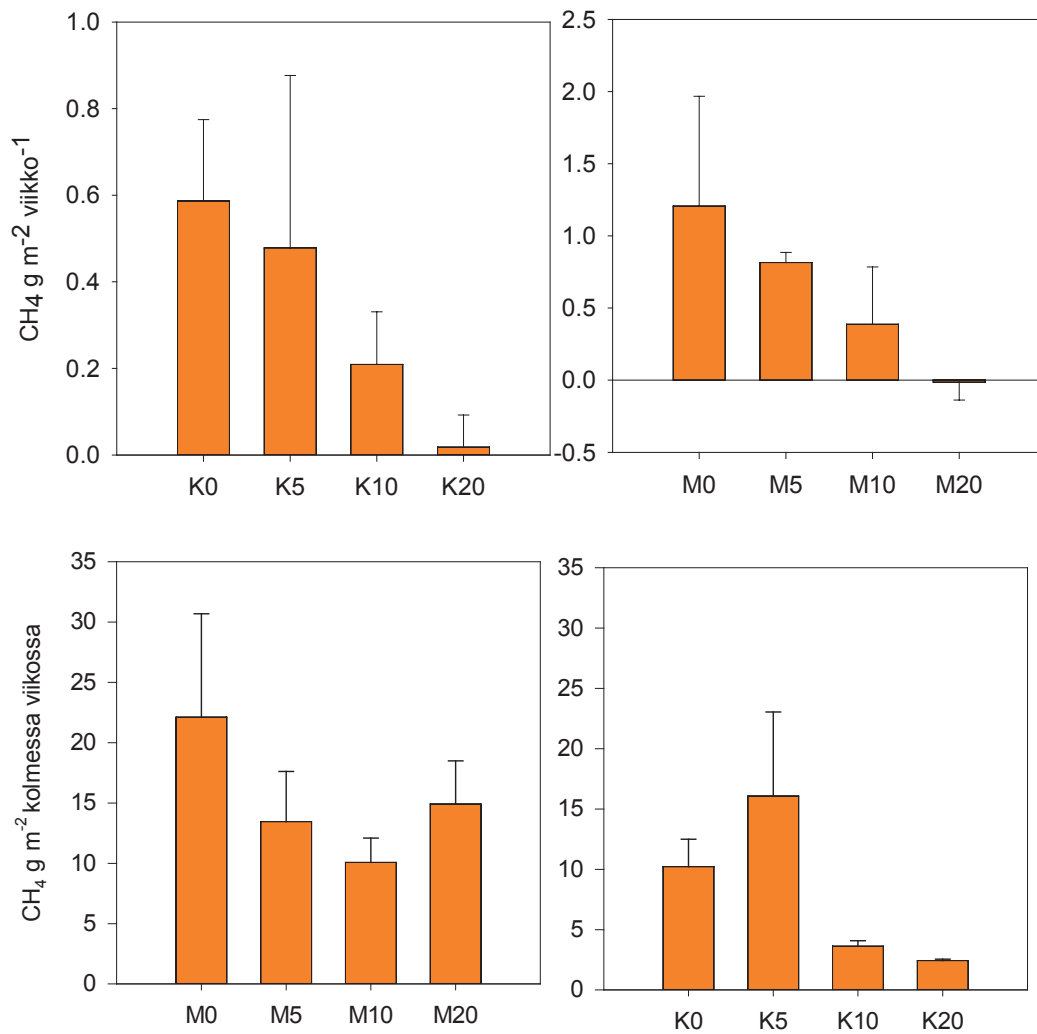
## 2.2.2. Kaasumaiset päästöt

Kaasumaisten päästöjen mittauksiin käytettiin kaasuanalysaattoria (Innova 1402), kuva 1. Ammoniakkin ja metaanin vapautumista koeastioista mitattiin ensimmäisen viikon aikana kaksi kertaa päivässä ja seuraavina viikkoina kaksi kertaa viikossa.

Tulosten perusteella biohiiliturveseos vähensi katteena sekä ammoniakki- että metaanipäästöjä molemmista lantatyypeistä. Ensimmäisen viikon aikana vaikutus oli selkeästi päästöjä vähentävä; 10 %:n käyttömäärä vähensi molempien kaasujen päästöt vähintään puoleen kattamattomaan lantaan verrattuna, kuvat 3–4. Lämpötilan noustessa ja ensimmäisen viikon jälkeen tehdyn sekoituksen jälkeen katteen teho heikkeni ja päästöt lisääntyivät, ja kolmen viikon ajalle lasketut tulokset antavat vaihtelevamman kuvan käyttömäärän vaikutuksesta. Kolmen viikon ajalle lasketuista kumulatiivisista päästöistä torjuttiin 20–30 % ja metaanin päästöistä 30–75 % seoksen suhteellisesta osuudesta riippuen. Katteen määrällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus päästöihin sekä ammoniakkin ( $p = 0.024$ ) että metaanin ( $p = 0.005$ ) tapauksessa. Minkin ja ketunlannan välillä ei ollut tilastollista eroa mutta yhdysvaikutus ( $p = 0.026$ ) eläinlajin ja katteen määrän välillä indikoi, että ketunlannassa vaikutus oli suurempi. Johtopäätöksenä oli, että merkittävän vaikutuksen takaamiseksi katetta on oltava 10 % lannan tilavuudesta, ja tätä käytettiin seuraavissa kokeissa levitysmääränä.



**Kuva 3.** Biohiiliturveseoksen vaikutus ammoniakkin vapautumiseen lannasta ensimmäisen viikon aikana (ylemmät kuvat) ja kolmessa viikossa (alemmat kuvat). Keskihajonta on esitetty janoilla. K = ketunlanta, M = minkilanta, 0–20 = katteen osuus lannan tilavuudesta (%).



**Kuva 4.** Biohiiliturvaseoksen vaikutus metaanin vapautumiseen lannasta ensimmäisen viikon aikana (ylemmät kuvat) ja kolmessa viikossa (alemmat kuvat). Keskihajonta on esitetty janoilla. K = ketunlanta, M = minkinlanta, 0–20 = katteen osuus lannan tilavuudesta (%).

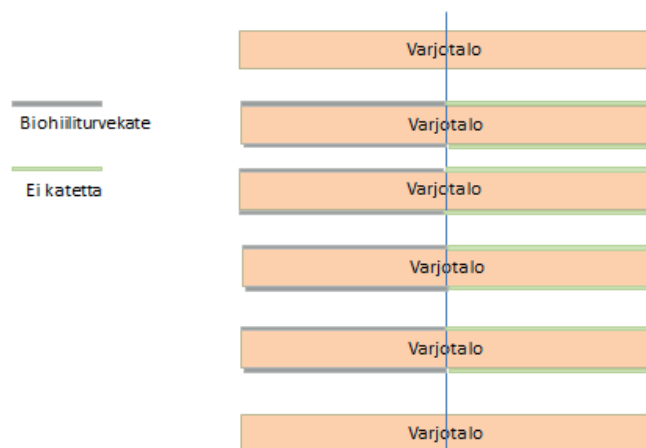
### 3. Biohiilikate turkistarhoilla

Turkistarhakoetta varten käytiin turkistarhoilla tutustumassa niiden työtapoihin ja tarhaympäristöihin joulukuussa 2015, kuva 5. Käynnillä tehtiin alustava suunnitelma katemassojen levittämisestä varjotalojen alle. Lisäksi selvitettiin valumavesien kertymistä ja vesinäytteiden ottomahdollisuuksia sekä mahdollisesti tarvittavia toimenpiteitä valumavesien käsittelyyn.



**Kuva 5.** Tarhaympäristö ja varjotalojen sijoittelu. Kuvat Kari Tiilikkala.

Käytännön kokeiden suorituspaikoiksi valittiin 4 tarhaa. Tarhoilta määritettiin varjotalosarjat, joilla kattamiskokeet toteutettiin, sekä verrokkialueet. Käytännön syistä kaikilla tarhoilla ei tehty kaikkia kokeita, vaan kahdella tarhalla tehtiin ketunlannan kattamiskokeet ja kahdella minkinlannan kattamiskokeet. Kuvassa 6 on periaatekuva siitä, miten käsittelyt oli sijoitettu tarhoille.



**Kuva 6.** Periaatepiirros kattamiskoejärjestelystä turkistarhoilla.

### 3.1. Katteen levitysjärjestely

Hankkeessa käytettiin RKP Hiili Oy:n valmistamaa kaupallista biohiiltä, joka on valmistettu kuivatislauksella (hidaspölyys) noin 400 °C asteen lämpötilassa. Biohiilen raaka-aineena oli sekapuu, ja sen ominaispinta-ala oli 8–24 m<sup>2</sup>/g. Hiilen partikkelikoko vaihteli huomattavasti pölystä yli 10 cm kappaaleisiin. Epätasainen rakenne heikensi biohiilen käyttökelpoisuutta lannan katteena ja lisäsi mittaustulosten hajontaa. Turve ostettiin Megaturve Oy:ltä kuiviketurvenimikkeisenä.

Laboratoriokokeen tulosten mukaisesti 50/50 seossuhteella tehtyä biohiili-turveseosta levitettiin varjotalojen alle syksyllä 2016. Levitykset tehtiin sivulle purkavalla etukauhalla noin kahden viikon välein. Tavoitteena oli mahdollisimman tasainen 2–3 cm paksuinen katekerros, kuva 7.

Katteen levitystyö onnistui käytetyllä etukauhalla hyvin. Aikaa katteen levitykseen kului noin 10 min/varjotalon puolikas, mitä tarhaajat eivät pitäneet merkittävänä työnlisäyksenä. Tarhaajien arvion mukaan lannan määrä lisääntyi hieman. Käytetyn biohiiliturveseoksen hinnaksi muodostui noin 17 €/lanta-m<sup>3</sup>. Hankkeen ostama biohiili oli verrattain kallista, joten käytännössä kuivikeseoksen hinta tulee olemaan alempi.



**Kuva 7.** Biohiiliturveseos levitettynä varjotalon alle. Kuva Maarit Hellstedt.

### 3.2. Tarhojen kaasumaiset päästöt

Turkistarhoilla mitattiin häkkien alla olevan lannan kaasupäästöjä elo-syyskuussa 2016. Mittauspisteitä oli minkkihäkkien alla 24 ja kettuhäkkien alla 24, ja näistä puolet oli käsitelty biohiiliturveseoksella. Rinnakkaisia oli siis 12 joka käsittelyssä. Mittauskammio, kuva 8, asetettiin lantakasaan 5 minuutiksi, jonka aikana tehtiin 5 mittausta. Kaasupitoisuuden nousun perusteella laskettiin kaasun tuottonopeus mittaushetkellä. Näistä laskettiin eläinryhmittäin ja käsittelyittäin kumulatiivinen kaasu- ja hiilidioksidituotto 50 päivän aikana, joista analysoitiin käsittelyjen välinen tilastollinen ero varianssianalyysillä. Ennen analyysiä tuloksille tehtiin logaritmuunnos jakauman normalisoimiseksi.



**Kuva 8.** Maitokärkyt kaasuanalysaattorin kuljetukseen ja mittauskammio lantakasassa. Kuvat Kristiina Regina.

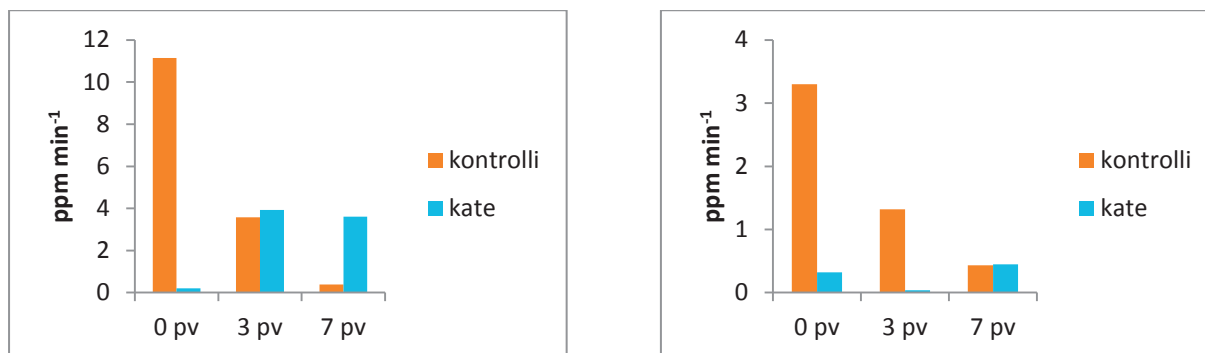
Mitatuista kaasuista suurin mielenkiinto kohdistui ammoniakkiin, joka aiheuttaa hajuhaittaa. Ketunlannan tapauksessa ammoniakin päästö pieneni selvästi katteella, kun taas minkinlannassa päästöt olivat samalla tasolla sekä kontrolli- että biohiiliturvekäsittelyssä (Taulukko 3). Minkinlannassa teho on heikompi, koska lanta kertyi korkeaksi keoksi ja kontakti katteen kanssa jäi huonoksi. Biohiiliturveseos lisäsi hiilidioksidin vapautumista, mikä voi johtua paremmasta hapellisuudesta, ja saattaa johtaa nopeampaan kompostoitumiseen. Biohiiliturvekate ei vaikuttanut metaanin muodostumiseen ketunlannasta, vaikka hiilidioksidin vapautuminen lisääntyi. Minkeillä metaanin muodostuminen väheni, vaikka hiilidioksidissa ei ollut merkittävää eroa. Dityppioksidin päästö kasvoi biohiiliturvekäsittelyssä molemmilla lantalajeilla. On tyypillistä, että yhden päästön vähentyessä toisen lisääntyvät. Turkistarhojen tapauksessa on kuitenkin olennaisinta vähentää ammoniakkipäästöjä, joten mahdollinen muiden päästöjen pieni lisäys on hyväksyttävissä oleva sivuvaikutus.

**Taulukko 3.** Kumulatiivinen päästö ketun ja minkinlannasta 50 päivän aikana (n = 12). Eri kirjain käsittelyjen perässä tarkoittaa tilastollista eroa kontrolli- ja biohiiliturvekäsittelyn välillä.

	Kettu		Minkki	
	Kontrolli	Kate	Kontrolli	Kate
<b>Ammoniakki</b> <b>NH<sub>3</sub></b>	31.6±14.8a	17.8±9.97b	19.2±13.2a	20.9±14.9a
<b>Metaani</b> CH <sub>4</sub>	3.84±1.44a	4.68±3.62a	7.05±4.62a	3.60±2.76b
<b>Dityppioksidi</b> <b>N<sub>2</sub>O</b>	1.50±2.13a	2.97±2.67b	0.37±0.27a	0.96±0.77b
<b>Hiilidioksidi</b> CO <sub>2</sub>	852±247a	1210±443b	1450±614a	1510±548a

Minkkitarhalla tehtiin loppukesällä 2017 lisäkoee, jossa muodostuneet lantatornit kaadettiin ennen kateseoksen levitystä. Lantatornien kaadon ansiosta kate peitti varjotalojen alla olleen lannan paremmin. Tulosten perusteella ammoniakin osalta teho oli erittäin hyvä heti levityksen jälkeen, mutta kolmen päivän jälkeen vaikutusta ei enää havaittu ja viikon päästä biohiiliturveseos jopa lisäsi ammoniakin vapautumista, kuva 9. Metaanin päästöjä kate vähensi lantatornien kaadon jälkeen kolmen päivän ajan. Dityppioksidipäästöjä käsittely lisäsi, ja hiilidioksidiin sillä ei ollut vaikutusta (ei kuvassa). Tulokset viittaavat siihen, että minkkitarhoilla kaasumaisten päästöjen torjunta vaatii tiheämpää katteenlevitystä kuin kettutarhoilla.





**Kuva 9.** Lantatornien kaadon ja biohiiliturvekattteen lisäyksen vaikutus ammoniakkiin (vasen) ja metaanin (oikea) päästöihin kolmessa viikon sisällä tehdyssä mittauksessa (levityspäivänä sekä 3 ja 7 päivän päästä).

### 3.3. Katteen vaikutus hajunmuodostukseen

Turkistarhaajien havaintojen perusteella biohiiliturveseoksen levittäminen varjotalojen alle vähensi lannasta syntyvää hajua. Turkistarhoilla ei kuitenkaan ollut mahdollista tehdä hajumittauksia, koska biohiiliturveseosta käytettiin katteena vain osalla tarha-alaa. Siksi biohiiliturveseoksen vaikutusta turkislannasta muodostuvaan hajuun selvittiin pienimuotoisella kokeella.

Koejäsenenä oli kattamaton minkinlanta sekä minkinlanta 0,5 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm ja 5 cm katteella. Katteena käytettiin biohiiliturveseos, 50/50 % tilavuussuhteella. Lisäksi testattavana oli kattamaton komposti, koska kasvualustan hajusta oli esiintynyt epäilyjä. Koeastioihin mitattiin pohjalle 10 cm minkinlanta, ja sen päälle mitattiin suunnitellun paksuiset kerrokset biohiiliturveseosta. Astiat peitettiin kannella. Koe tehtiin kolmena kerranteena.

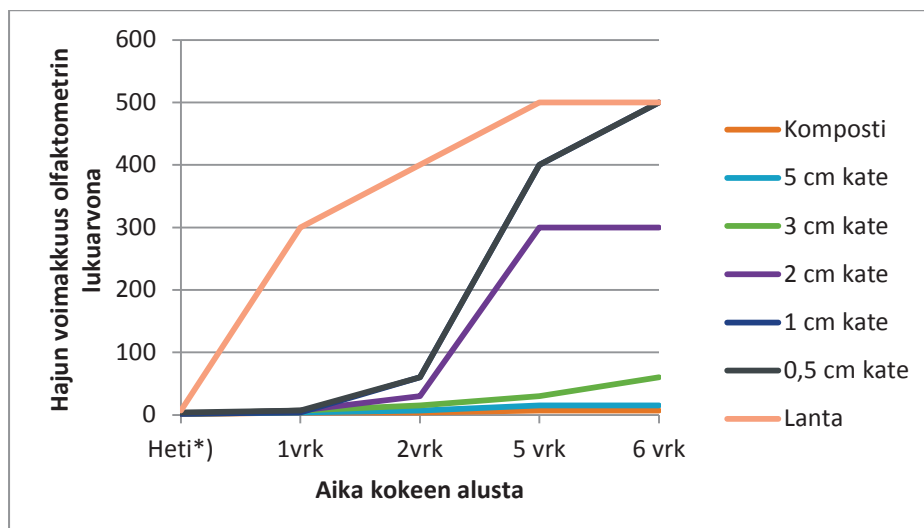
Koe toteutettiin huhtikuussa 2018 kompostointilaitoksen tyhjässä kompostointitunnelissa. Tunnelin lämpötilaa ja suhteellista kosteutta kokeen aikana mitattiin TinyTag -mitta-anturilla. Hajupitoisuuden määrittäminen tehtiin olfaktometrisesti käyttäen Nasal Ranger™ -laitetta (Kuva 11). Hajupitoisuuden lisäksi kirjattiin kuvailu hajun luonteesta.

Hajumittaus tehtiin heti astioiden kattamisen jälkeen sekä 1 vrk, 2 vrk, 5 vrk ja 6 vrk kuluttua kattamisesta. Mittaus aloitettiin heti kansien avaamisen jälkeen. 5 vrk ja 6 vrk kokeen perustamisesta tehtiin koejäsenistä mittaukset myös siten, että niiden oli annettu tuulettua 1 h ennen mittausta.

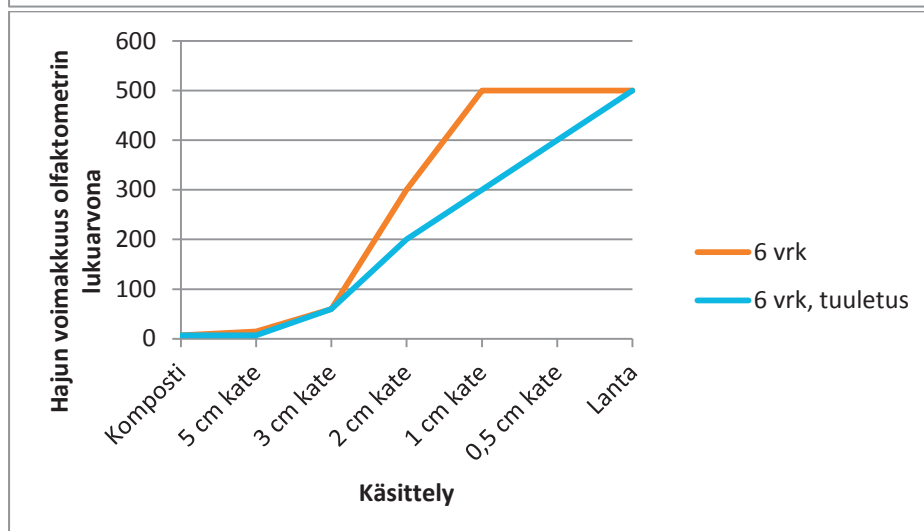
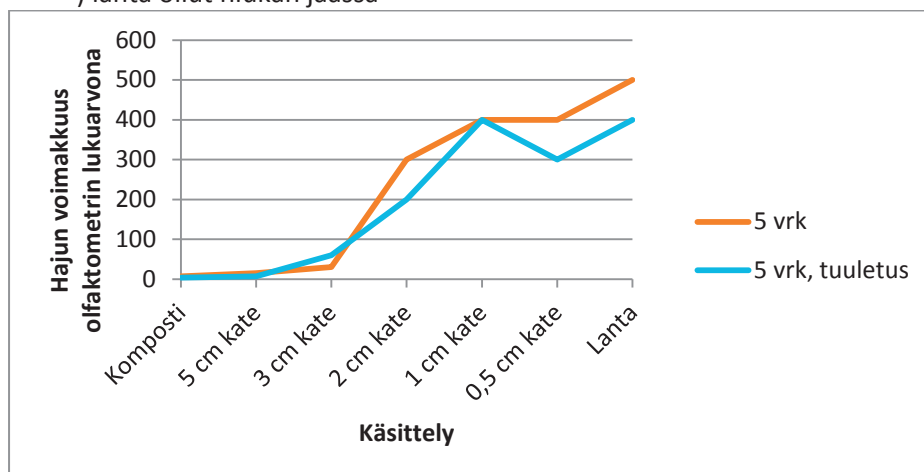
Kokeen aikana tunnelin lämpötila oli keskimäärin 17,8 °C, vaihdellen 4,8 °C ja 20,2 °C välillä. Lämpötila laski mittausten aikana, koska tunnelin ovea jouduttiin pitämään auki, mutta nousi nopeasti mittausten päättymisen jälkeen. Tunnelissa suhteellinen kosteus oli keskimäärin 36,5 % vaihdellen 26,7 % ja 67,0 %:n välillä. Suhteellinen kosteus puolestaan nousi selkeästi, kun ovea pidettiin auki.

Ensimmäisellä mittauksella samana aamuna varjotalon alta haettu tuore minkinlanta oli hiukan jäässä, joten lannasta ei vielä muodostunut normaalia hajua. Mittaustulosten mukaan 5 cm kate riitti estämään hajun muodostusta koko koejakson ajan (Kuva 10). 3 cm kateen vaikutus hajuun hiipui 2 vrk:n jälkeen. Muiden katekerrosten vaikutus kesti vain yhden vuorokauden. Katteiden vaikutuksesta haju oli koeastioissa aluksi turvemainen. Ohuilla katekerroksilla (0,5 cm ja 1 cm) se muuttui 2 vrk:n jälkeen lantamaiseksi, 2 cm katekerroksella muutos hajun luonteessa tapahtui 5 vrk:n jälkeen. Paksummilla katekerroksilla haju pysyi turvmaisena koko kokeen ajan. Valmiin kompostin haju oli tulosten mukaan vähäinen ja hajuluonnehdinta siitä oli maaton, turvomainen. Koeastioiden tuuletaminen 1 h ajan ennen mittausta alensi mitattuja hajupitoisuuksia kattamattomalla lannalla ja ohuilla katekerroksilla. Hajun luonnehdintaan sillä ei ollut vaikutusta.





\*) lanta ollut hiukan jäässä



**Kuva 10.** Mitatut hajun voimakkuudet kattamattomasta ja katetusta minkinlannasta sekä valmiista kompostiseoksesta .



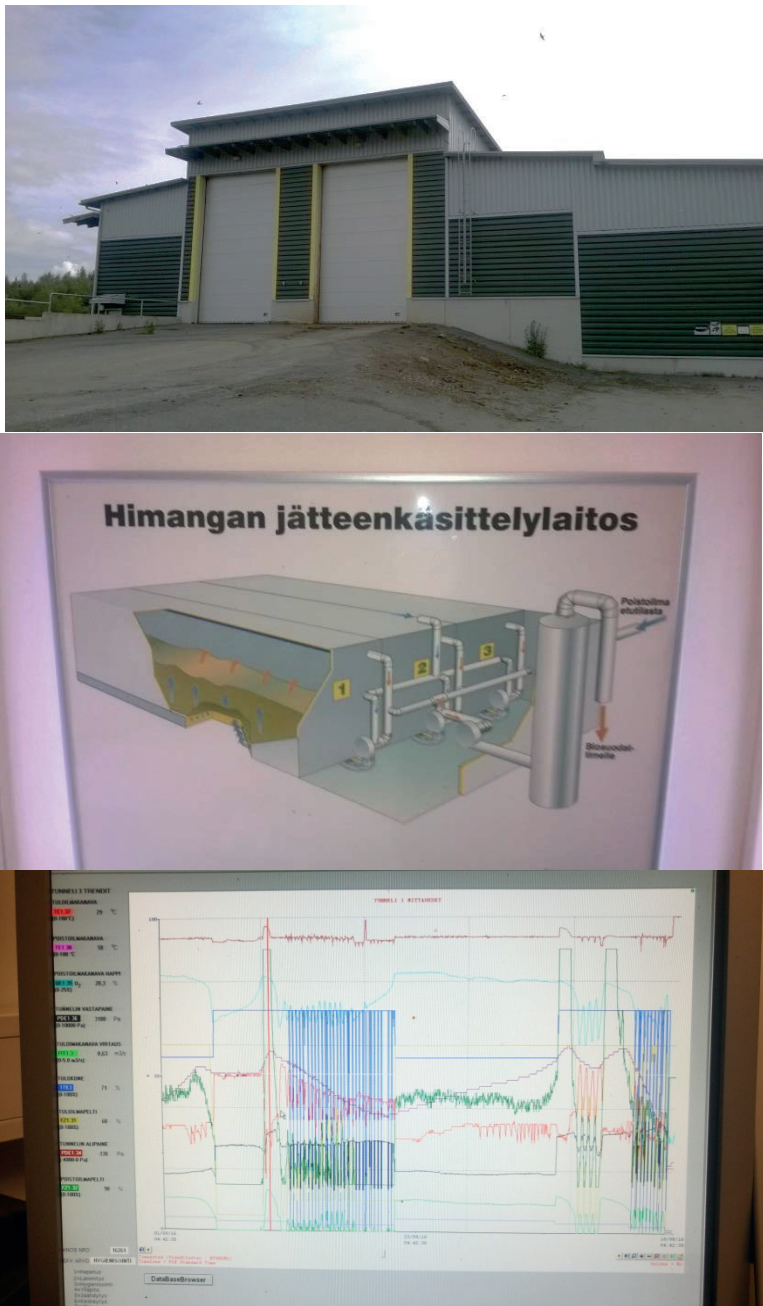
**Kuva 11.** Mittausjärjestely ja käytetty Nasal Ranger olfaktometri. Kuvat Maarit Hellstedt.

### 3.4. Valumavedet tarhoilta

Hankkeen tavoitteena oli selvittää myös, mikä vaikutus katteena käytettetyllä biohiiliturveseoksella on tarhalta muodostuviin valumavesiin. Koska biohiiliturveseosta ei käytetty koko tarhojen alueella, vaikutuksen määrittäminen ei ollut mahdollista. Muissa hankkeissa tehtyjen biohiilisuodatinkokeiden perusteella voidaan todeta biohiilen sitovan ravinteita. Siten, jos turkistarhoilla jatkossa käytetään varjotalojen alla biohiiltä sisältäviä katteita, voidaan valumavesien ravinnepitoisuuksien olettaa alen-  
tuvan. Biohiilen käyttöä ravinteiden huuhtoumisen estossa tarhoilla ja kompostikentillä kannattaa tutkia erillisessä jatkohankkeessa.

## 4. Biohiili kompostointiprosessissa

Kompostoinnin tuoteprosessin kehittämistä ja optimointia varten hanke vuokrasi Kalajoella sijaitsevan kompostointilaitoksen. Kompostointilaitoksella ajettiin useita tunneliajoja hankkeen aikana. Laitoksessa on kolme rinnakkaista kompostointitunnelia, joten se mahdollisti erilaisten seosten rinnakkaisajon. Laitoksen kompostointiprosessi on tietokoneohjattu ja seurantatietoina tallentuu tiedostoon tuloilmakanavasta mitatut ilman lämpötila ja virtausnopeus, kompostitunnelista sinne muodostuva vastapaine sekä poistoilmakanavasta mitatut ilman lämpötila ja happipitoisuus. Poistoilman seurannalla varmistetaan lämpötilan nousu riittävän korkealle, jotta lantapohjainen komposti hygienisoituu.



**Kuva 12.** Hankkeen käytössä ollut kompostointilaitos, laitoksen periaatepiirros ja prosessinohjauksen grafiikkaa. Kuvat Kari Tiilikkala.

## 4.1. Kompostoinnin järjestely

Kompostin seosaineina käytetty biohiili ja turve olivat samoja kuin tarhakokeissakin. Seosaineita lisättiin tilavuusosin mitattuna noin 10 % lannan määrästä ottaen huomioon myös turkistarhoilla jo lisätyt kuivikkeet. Jotta kompostoitavasta massasta saatiin riittävä ilmavaa, siihen lisättiin ennen tunneliin siirtämistä puunpaloja. Tunneli täytettiin ja purettiin traktorin etukuormaajalla. Kompostointiaika tunnelissa oli pääosin noin 2 viikkoa, jonka jälkeen massa siirrettiin jälkikypsytykseen asfalttikentälle. Jälkikypsytyksen aikana aumat käännettiin kaksi kertaa kaivinkoneella tasaisen kypsymisen varmistamiseksi. Valmiista kompostista seulottiin karkea puu pois kompostointikentälle sijoitetulla pyörivällä seulalla. Seulottu komposti varastoitiin kentälle odottamaan kasvatuskokeita ja laatikoihin pakkaamista.

Turvetta korvaavana seosaineena hankkeessa suunniteltiin puunjalostusteollisuuden O-kuidun käyttöä. Suunnitelmasta luovuttiin, koska lähialueelta saatava O-kuitu ei ollut puhdasta puukuitua. Saadun ennakkotiedon mukaan se sisälsi myös jätevesistä muodostuvaa kuitua, joten se ei soveltunut ruoantuotantoon kehitetyssä kasvualustassa käytettäväksi.



**Kuva 13.** Turkislantakompostin seosaineet; kierrätettävä karkea puu, biohiili ja turve (vasemmalla). Seulottu valmis komposti kompostointikentällä (oikealla). Kuvat Kari Tiilikkala.



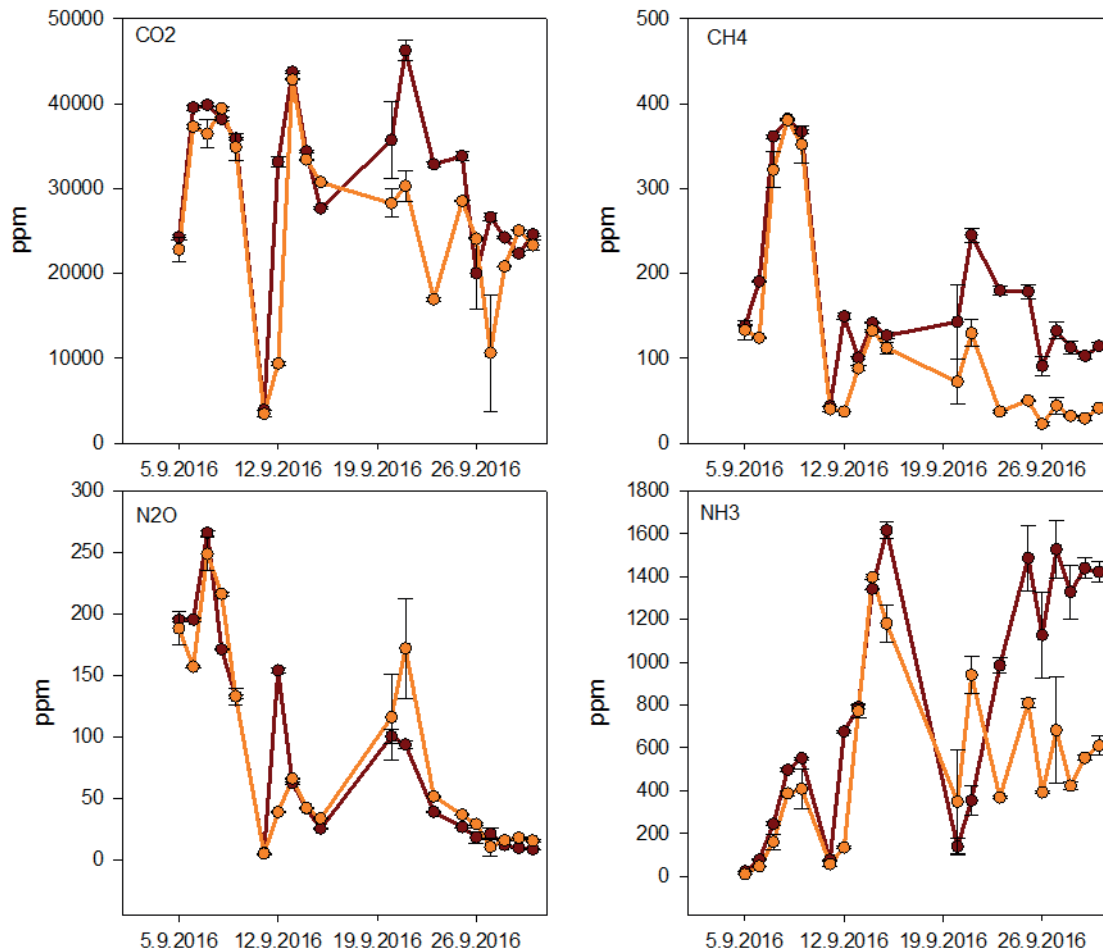


**Kuva 14.** Kentällä jälkikypsytyksessä olevassa aumassa on karkea puumassa seassa, jotta seos pysyy ilmavana, ylempi kuva. Ensimmäiset materiaalit jälkikompostoinnissa joulukuussa 2016, alempi kuva. Lumen sulaminen aumojen harjalta kertoo prosessin olevan vielä käynnissä. Kuvat Maarit Hellstedt ja Kari Tiilikkala.

## 4.2. Alkukompostoinnin kaasumaiset päästöt

Kompostilaitoksen päästöjä mitattiin 20 päivänä syyskuussa 2016. Toisessa tunnelissa kompostointi tehtiin ilman biohiiliturveseosta ja toisessa sen kanssa. Tunnelin poistoilman metaani-, hiilidioksidi-, ammoniakki- ja dityppioksidipitoisuuksia mitattiin vähintään viiden minuutin ajan kahdesti päivässä. Saman päivän aikana tehdyissä mittauksissa (aamu/ilta) ei ollut kovin paljon eroa, joten kunkin päivän tulos kuvassa on kaikkien päivän mittausten keskiarvo. Ensimmäisten kahden viikon aikana käsitellyt eivät eronneet toisistaan, mutta sen jälkeen oli havaittavissa positiivisia vaikutuksia (Kuva 15). Biohiiliturveseoksen lisääminen kompostimassaan vähensi ammoniakkin päästöjä 38 % ja metaanin päästöjä 34 % keskimäärin koko mittauskaudella. Biohiiliturveseos ei vaikuttanut dityppioksidin päästöön, ja vähensi hieman (15 %) hiilidioksidin muodostusta. Mitatut pitoisuudet eivät kuitenkaan ole laitoksesta poistuvan kaasun pitoisuuksia, koska tunnelin ilma ohjautuu vielä biosuotimeen ennen ulkoilmaan joutumistaan. Ammoniakin päästöjen väheneminen biohiiliturveseoksen ansiosta kuitenkin

kin pidentää biosuotimen käyttöaikaa ja auttaa tuottamaan typpipitoisempaa lopputuotetta esimerkiksi kasvualustojen pohjaksi.



**Kuva 15.** Kompostointitunnelin poistoilman hiilidioksidi- ( $\text{CO}_2$ ), metaani- ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi- ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ja ammoniakki- ( $\text{NH}_3$ ) pitoisuudet kontrollikäsitellyssä (ruskea) ja biohiiliturvekäsittelyssä (oranssi). Janat kuvaavat keskihajontaa.

### 4.3. Kompostin kypsyminen

Kirjallisuuden mukaan kypsässä kompostissa nitraattitypen ja ammoniumtypen suhteen pitäisi olla suurempi kuin yksi. Lopputuotteen C/N-suhteen laskeminen on myös keino arvioida kompostin kypsyttää.

Hankkeessa kompostien kypsyttää arvioitiin ensin mainitulla tavalla. Jälkikompostoitumassa kentällä olevista aumoista otettiin näytteitä ja tehtiin tarvittavat analyysit, taulukko 4. Tulosten perusteella komposti oli varmasti kypsää 10 kk ikäisenä. Myös 8 kk ikäisen kompostin nitraattitypen ja ammoniumtypen suhde oli yli yhden, joten sitäkin voitiin pitää kypsänä. Jälkikypsytyksajan lyhentämiseksi kompostointilaitoksella tehtiin koeajo, jossa komposti oli tunnelissa 28 vrk, erä 2. Tämän kompostointierän nitraattitypen ja ammoniumtypen suhde oli 14 kk iässä kaikkein korkein, mikä kuvanee sitä, että pidempi alkukompostointi tunnelissa lyhensi jälkikypsytyksaika. Kompostin käsittelyajalla raakalannasta valmiiksi tuotteeksi on oleellinen merkitys laitoksen kokonaiskapasiteetille.



**Taulukko 4.** Eri ikäisten kompostointierien nitraattityypin ja ammoniumtyypin määrät tuorepainoon suhteutettuna sekä niiden suhde. Komposti on kypsää, kun ko. suhde on suurempi kuin yksi.

Kompostierä ja ikä	NH <sub>4</sub> -N mg/kg tp	NO <sub>3</sub> -N mg/kg tp	NO <sub>3</sub> -N/NH <sub>4</sub> -N suhde
1/14 kk	17,55	889,68	50,7
2/14 kk	3,99	893,07	223,8
3/12 kk	30,9	566,76	18,3
4/12 kk	8,85	617,61	69,8
5/10 kk	66,21	730,23	11
6/10 kk	24,75	420,78	17
7/8 kk	321,03	849,93	2,6

Lisäksi, koska turkislantaa syntyy eniten syksyllä, olisi tärkeää saada se jo seuraavana keväänä myyntiin. Jos tuotteen kypsyminen kestää yli 6 kk, seuraava kuluttajapakkausten myyntisesonki on vasta 1,5 vuoden päästä raakalannan käsittelyn aloittamisesta, mikä tuotannon talouden näkökulmasta on erittäin haastava tilanne. Biohiiliturveseoksen käyttö lannan katteena tarhoilla voi nopeuttaa kompostoitumista ja siten koko prosessia. Tämä tulisi selvittää jatkotutkimuksilla.

#### 4.4. Alkukompostoinnin suotovedet

Tunnelikompostoinnissa kompostista suotautui sekä kompostoinnin poistokaasujen ammoniakkipesurista kertyi suotovesiä keräilykaivoon käsiteltävän lannan kosteudesta riippuen 3-10 m<sup>3</sup>/kompostointierä, eli 15–50 litraa/kompostikuutio.

Suotovesissä ei ollut salmonella bakteereja lainkaan ja e.coli -arvot olivat alle 1. Nesteen johtokyky oli 16, NO<sub>3</sub>-N-pitoisuus 280 mg/l ja kokonaistyyppiä oli noin 3000 mg/l liuosta. Tulokset osoittivat, että merkittävä osa liukoisesta tyypestä siirtyi kompostoinnissa nesteeseen, joka on tähän saakka määritelty jätteeksi ja viety jätevesikäsittelyyn. Jatkohankkeissa tulee kehittää teknologiaa, jolla neste hyödynnetään nestemäisenä lannoitteena tai kiteytetään kuivaksi tyypilannoitteeksi. Hankkeessa kehitettyjen kompostipohjaisten kasvualustojen lannoittamiseen tarvitaan tyyppiä, joten nesteen kaupallistamiseen on hyvät mahdollisuudet omissa tuotteissa ja luonnonmukaiseen kasvihuonetuotantoon keskittyvissä yrityksissä. Nestemäisten lannoitteiden tuotekehityksestä ja markkinoinnista onkin aloitettu yhteistyöneuvottelut mm. Trace Grow Oy:n (<http://www.tracegrow.com/en/welcome>) sekä ToKe Oy:n (<http://www.toholamminkehitys.fi/vaihe-3-pilotti/>) kanssa.

## 5. Kompostituotteen pilotoinnit

### 5.1. Astiakokeet

Astia-, peltoviljely- ja kasvihuonekokeiden tavoitteena oli selvittää turkiseläinlannasta valmistetun kompostin käyttökelpoisuus erilaisille kasveille ja biohiilisyönteiden vaikutus kasvuun. Kesällä 2017 tehdyssä astiakokeessa Jokioisissa käytettiin kompostia ilman biohiiltä (TK) ja tarhalla (BHT) tai kompostointilaitoksella (BHL) tehdyllä biohiilen lisäyksellä. Vastaavia komposteja testattiin ohran viljelyssä Ruukissa kesällä 2017. Molemmissa kokeissa keskityttiin tutkimaan kompostien typpilannoitusvaikutusta.

Astiakokeen koemaana käytettiin Jokioisista peräisin olevaa hietamaata, jossa tiedettiin olevan hyvin alhainen orgaanisen aineksen pitoisuus ja siten alhainen typen nettomineralisaatiopotentiaali (Taulukko 5). Koemaasta otettiin näyte, josta analysoitiin kuiva-ainepitoisuus, happamuus 1:2,5 vesi-uutosta sekä hiilen ja typen kokonaispitoisuudet Dumas'n menetelmällä (Leco). Epäorgaaninen typpi (ammonium- ja nitraattityppi) uutettiin 2 M KCl:lla, ja liuoksen pitoisuudet määritettiin Skalar-autoanalysaattorilla. Liukoinen fosfori, kalium, magnesium ja rikki uutettiin viljavuusanalyysin mukaisella happamalla (pH 4,65) ammoniumasetaatilla (1:10, v/v). Lisäksi uutettiin hivenravinteista Cu, Fe, Mn ja Zn happaman ammoniumasetatin ja EDTA:n avulla. Fosforipitoisuus mitattiin Skalar-autoanalysaattorilla ja muut ravinteet plasmaemissiospektrofotometrillä (ICP-OES).

**Taulukko 5.** Koemaan ominaisuudet.

	<b>Ketola, Jokioinen</b>
<b>Kuiva-ainepitoisuus, %</b>	94,6
<b>pH</b>	5,8
<b>Hiilipitoisuus, % ka</b>	1,8
<b>Typpipitoisuus, % ka</b>	0,11
<b>C/N</b>	16,2
<b>NH<sub>4</sub>-N mg/kg ka</b>	0,15
<b>NO<sub>3</sub>-N mg/kg ka</b>	28,6
<b>Viljavuus-P mg/l</b>	26,2
<b>Viljavuus-K mg/l</b>	280
<b>Viljavuus-Mg mg/l</b>	108
<b>Viljavuus-S mg/l</b>	6,5
Hiilen ja typen kokonaispitoisuudet on määritetty Dumas'n menetelmällä (Leco), epäorgaaninen typpi 2 M KCl-uutolla, pH 1:2,5 vesi-uutosta ja viljavuus on määritetty happamalla ammoniumasetattiutolla.	

Astiakoetta varten lantakomposteista määritettiin vesiliukoinen typpi 1:5 vesi-uutolla, kokonaistyppi (Kjeldahl-menetelmä) ja kokonaisfosfori kuningasvesi-uuton ja ICP-OES määrittelyn avulla (Taulukko 6). Lisäksi määritettiin kuiva-ainepitoisuus ja tilavuuspaino. Minkin- ja ketunlannoille tehtiin myös Hedleyn fraktiointi, jossa määritettiin fosforin liukoisuus veteen, natriumvetykarbonaatin, natriumhydroksiidiin ja suolahappoon.

Astiakoe tehtiin viiden litran kasvatusruukuissa, joihin punnittiin kuivaa maata 6 kg. Jokaisen astiaan sekoitettiin perustamisvaiheessa 5 g kalkkia, 500 mg fosforia, 1045 mg kaliumia ja 575 mg rikkiä. Muiden hivenravinteiden lannoitukseen annettiin myös 30 ml nestelisyys, jossa saatiin jokaiseen astiaan seuraavat ravinnelisykset: Mg 176 mg, Mn 12 mg, Zn 9 mg, B 2 mg, Cu 5 ja Mo 1 mg. Nämä ravinteet annettiin lannoiteliuksina, joiden avulla muiden ravinteiden tarjonta on optimia korkeammalla eivätkä kompostien sisältämät ravinteet tyyppä lukuun ottamatta vaikuttaisi raiheinän kasvuun.

Typen lisäystasoiksi päätettiin 0, 83, 167, 250 ja N 333 mg/ kg kuivaa maata (Taulukko 6). Astioihin lisättiin ammoniumnitraattiliuksessa 0, 500, 1000, 1500 ja 2000 mg tyyppä. Aikaisemman kokeuksen perusteella näiden levitysmäärien arviottiin tuottavan sopivan vasteen raiheinän kasvussa. Käytettävissä olleiden kompostien kokonaistyyppipitoisuuksien tulosten mukaan suunniteltiin turkiseläinlontakompostien lisäysmäärät. Komposteissa lisättiin kokonaistyyppä 1500 mg/astia, joka vastaa lisäystä 250 mg/kg tai 300 mg/l. Typpilannoitukset ja kompostilannoitukset tehtiin kolmena toistona, jotka jaettiin kolmeen lohkon kasvatuskokeen ajaksi. Lannoite ja kompostit sekoitettiin tasaisesti koko maatilavuuteen perustamisen yhteydessä 8–9.6.2017. Sen jälkeen astioiden pinnalle kylvettiin 0,5 g italian raiheinän siemeniä. Kylvön jälkeen maa kasteltiin ja siirrettiin astiakoehalliin odottamaan siementen itämistä.

**Taulukko 6.** Astiakoemaahan tehdyt massa- ja ravinnelisykset.

Lannoite tai lanta	g/astia	kok-N mg/astia	kok-N mg/1 kg kuivaa maata	Liuk-N mg/astia	kok-P mg/astia	kok-K mg/astia
ammoniumnitraattiliuos	0	0	0	0	500	1045
	20	500	83	500	500	1045
	40	1000	167	1000	500	1045
	60	1500	250	1500	500	1045
	80	2000	333	2000	500	1045
Lontakomposti						
- lanta (TK)	132	1500	250	232	1680	1560
- biohiili laitoksella (TK BHL)	194	1500	250	334	3160	1720
- biohiili tarhalla (TK BHT)	212	1500	250	288	2380	1380

Astiat pidettiin muovilla peitettynä itämiseen asti, jotta maan pinta ei kuivunut. Ensimmäinen sadonkorjuu tehtiin 17.7.2017 (Kuva 16), jolloin raiheinäkasvustot leikattiin noin kahden senttimetrin korkuiseen sänkeen. Korjattu kasvusto punnittiin tuoreena ja kuivattiin sen jälkeen 60 °C:ssa. Tämän jälkeen punnittiin kuivapaino ja laskettiin kuiva-ainepitoisuudet. Toinen sadonkorjuu tehtiin vastavalla tavalla 9.8.2017 ja kolmas 6.9.2017. Ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen ei annettu lisälannoituksia. Toisessa sadossa kasvu oli jo niin pientä, että kolmatta satoa varten annettiin NK-täydennyslannoitus (N 100 mg/l ja K 200 mg/l). Kasvu aika ensimmäiselle sadolle oli 38 vrk, toiselle 23 vrk ja kolmannelle 28 vrk. Kuivatut näytteet jauhettiin tyypianalyysiä varten. Kasvinäytteiden typpipitoisuus määritettiin Kjeldahl-poltton ja typen tislauksen kautta.



**Kuva 16.** Ensimmäinen raiheinäsato, Vasemmalla N0, toisena turkislantakomposti, jossa biohiili on lisätty tarhalla ja seuraavina lannoitustasot N 100 mg/l ja N 200 mg/l. Kuva Tapio Salo.

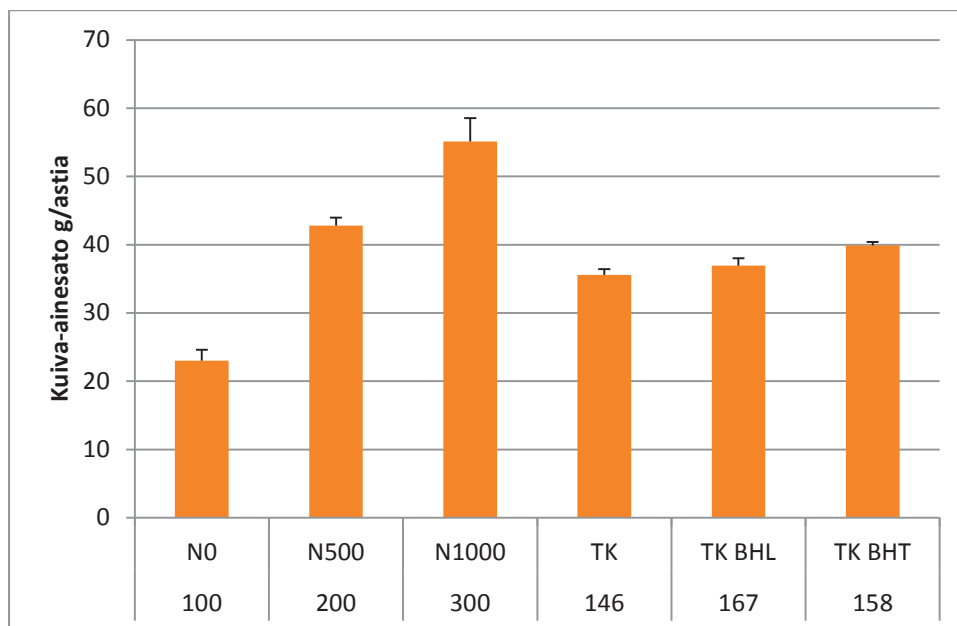
Tuloksista verrattiin kunkin sadonkorjuun kuiva-ainesatoa ja typenottoa, sekä kaikkien kolmen sadon yhteenlaskettua kuiva-ainesatoa ja typenottoa. Aineisto analysoitiin SAS Proc Mixed-ohjelmalle, jolla verrattiin käsittelyjen välisiä eroja. Lantakäsittelyjen typenottoa verrattiin sekä ammoniumnitraatti-lannoituksella saatuihin typenottoihin, jotka sovitettiin toisen asteen yhtälöön että lisätyn typen näennäiseen hyväksikäyttöön. Näennäinen hyväksikäyttö laskettiin seuraavasti:

*Näennäinen hyväksikäyttö, % =*

$$\frac{\text{Lannoitetun Netto (mg)} - \text{Lannoittamattoman Netto (mg)}}{\text{Lannassa lisätty N (mg)}} \times 100\%$$

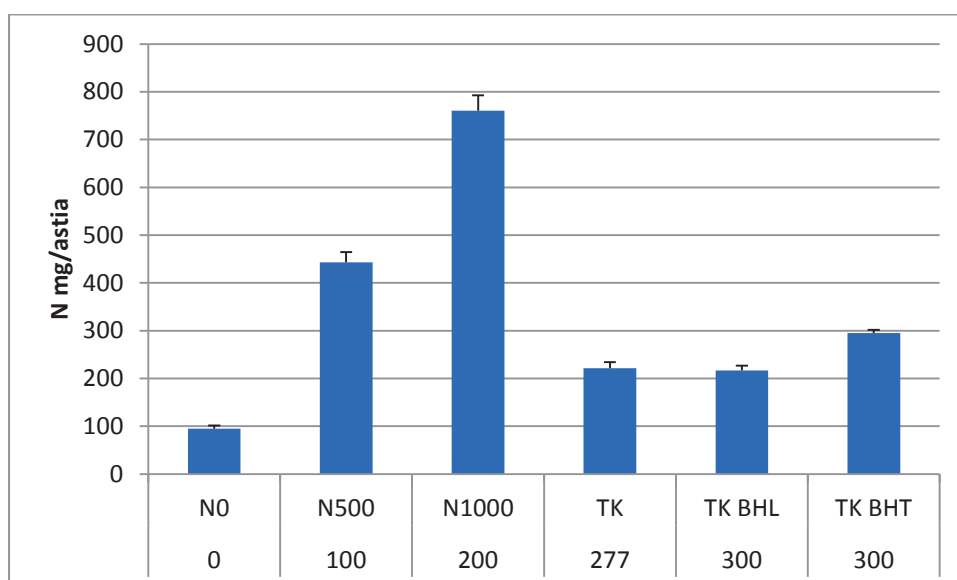
Raiheinän kasvu vastasi melko hyvin kompostien sisältämää liukoista typpeä. Kompostien orgaanisesta tyydestä havaittiin pitkän kasvatusajan myötä hieman lannoitusvaikutusta. Komposti, jossa biohiili oli lisätty jo tarhalla, tuotti hieman muita komposteja paremman satovasteen lisätylle typelle (Kuva 17).

Astiakokeessa lannoitustasojen N 100 ja N 200 mg/l välillä maahan lisätty 1 mg liukoista typpeä nosti raiheinän satoa 0,2 g. Jos sato-odotus laskettiin kompostien sisältämän liukoisen typen perusteella, kompostien toteutunut sato oli 5–48 % suurempi. Jos sato-odotus laskettiin kompostien sisältämän kokonaistypen mukaan, kompostien kokonaistypen teho vastasi 51–55 % odotusarvosta. Molemmissa laskentatavoissa biohiilen lisäys jo tarhalla tuotti parhaan kasvuvasteen sekä liukoisen että kokonaistypen suhteen laskettuna.



**Kuva 17.** Raiheinän kuiva-ainesadot yhteenlaskettuna kolmesta sadonkorjuusta. Käsittelyn nimen alla on astiaan lisätty liukoinen typpi mg maalitraa kohti. Kaikkiin astioihin lisättiin kolmatta sataa varten N 100 mg/l liuoslannoituksena. TK = turkislantakomposti, TK BHL = turkislantakomposti, johon biohiiltä lisätty kompostilaitoksella ja TK BHT = turkislantakomposti, johon biohiiltä lisätty tarhalla. Vaihtelua on kuvattu keskihajonnan avulla ( $n = 3$ ).

Ensimmäisen sadon typenoton tulosten perusteella (Kuva 18) voidaan laskea liukoisien typen hyöväksikäyttöprosentin olleen 37–70 %. Kokonaistypen hyödyntämisessä komposti ilman biohiiltä ja biohiililisyä laitoksella tuottivat ensimmäisessä sadossa 8–9 % typenoton kompostin kokonaistypensä ja biohiilen lisäys 13 % typenoton kompostissa lisätystä tyydestä.



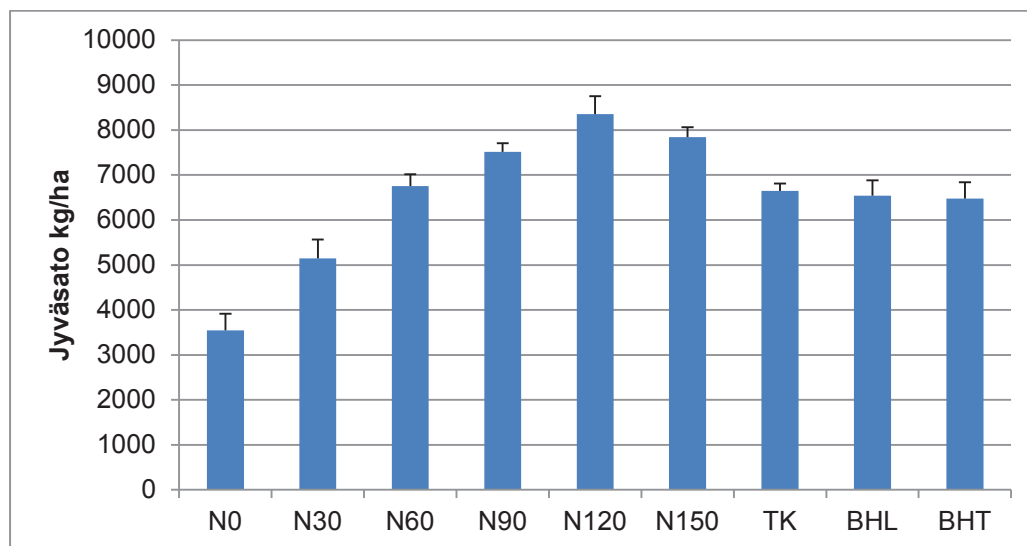
**Kuva 18.** Raiheinän typenotto ensimmäisessä sadossa, Käsittelyn nimen alla on astiaan lisätty liukoinen typpi viiden litran maatilavuuteen. Vaihtelua on kuvattu keskihajonnan avulla ( $n = 3$ ).

## 5.2. Peltoviljelykokeet

Peltoviljelykoe perustettiin Luken Ruukin toimipisteessä toukokuussa 2017. Koejäsenenä olivat pelkkä komposti (TK), komposti, jossa biohiili oli lisätty kompostointilaitoksella (BHL) ja komposti, jossa biohiili oli lisätty jo tarhalla (BHT). Kompostilisäykset mitoitettiin niin, että konaistyyppiä annettiin nitraattiasetuksen mukainen 170 kg/ha. Tällöin liukoisen typen annokset olivat noin 30 kg/ha. Kompostikäsittelyjä täydennettiin N 30 kg/ha typpilannoituksella kasvun varmistamiseksi. Verranteena oli kuusi eri typpitasoa (epäorgaaninen lannoite) alla olevan kaavion mukaisesti. Kokeet tehtiin neljänä toistona, jotka jaettiin lohkoihin. Viljelykasvina oli ohra ja koeruutujen leveys oli 1,75 m ja pituus 8 m. Koeruutujen jyväsato korjattiin 20.9.2017. Käsittelyjen vaikutusta jyväsatoon ja jyvien typenottoon verrattiin SAS:n Proc Mixed-ohjelmalla.

N0
N30
N60
N90
N120
N150
TK + N30
BHL + N30
BHT + N30

Lantakompostien liukoisen typen sisältö ja N 30 kg/ha lisälannoitus tuottivat kokeessa saman sätotason kuin N 60 kg/ha mineraalilannoitus. Turkislantakompostin sato vastasi likimain sen sisältämän liukoisen typen mukaista odotustulosta, mutta biohiililisäyksen saaneiden kompostien jyväsato oli 350–450 kg/ha alempi kuin niiden hieman pelkkää kompostia suuremman liukoisen typen sisällön mukaan oli odotettavissa, kuva 19. Typpilannoitustaso 60 kg/ha tuotti jyviiin 102 kg/ha typenoton. Kompostikäsittelyjen typen otto oli saman suuruinen, vaikka niiden liukoisten typen annos oli hieman suurempi, N 63–72 kg/ha. Ilmeisesti kenttäolosuhteissa sijoitettu mineraalilannoite oli lannoitevaikutukseltaan hieman tehokkaampi kuin hajalevitetty ja muokattu lantakomposti.



**Kuva 19.** Ruukin ohra-kokeen jyväsadot. Vaihtelua on kuvattu keskihajonnalla keskihajonnalla (n = 4). Liukoisen typen lisäykset kompostikäsittelyissä olivat: TK = 33 kg/ha, BHL = 37 kg/ha ja BHT = 42 kg/ha.

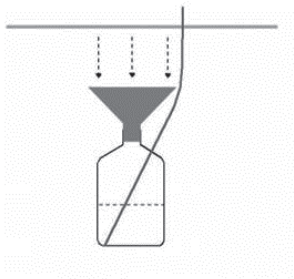


### 5.3. Viherrakennuspilotti

Turkislantakompostin soveltumista viherrakentamiseen selvitettiin koekohteella. Tavoitteena oli selvittää vaikuttaako komposti maan veden pidätyskykyyn, kasteluveden tarpeeseen tai valumavesien määrään ja laatuun. Suunnitellusta golfkenttäpilotista jouduttiin hankkeessa luopumaan ja sen tilalle perustettiin Kalajoelle nurmikenttäkoe. Lisäksi käytettävissä olivat Levillä tehtyjen kompostinurmikoiden tulokset.

#### 5.3.1. Kalajoen koe

Kalajoen kaupungin urheilukentän päätyalueelle rakennettiin kesällä 2017 noin 520 m<sup>2</sup> kokoinen viherrakennuspilotti, kuva 20. Verranteena käytettiin vieressä olevaa aikaisemmin perustettua nurmialuetta. Molemmille koealueille asennettiin vajovesilysimetrit, jotka keräävät pintakerroksen läpi tulevan valunnan koealueella 10 cm syvyydelle ja verrokkialueella murskekerroksesta johtuen 15 cm syvyydelle asennetulla kerääjälevyllä.



**Kuva 20.** Koealue perustettiin sekoittamalla komposti noin 20 cm paksuiseen pintakerrokseen. Koealue (oikean puoleinen kaista) oli elokuussa hyvässä kasvussa lysimetrejä (periaate-kuva alla) asennettaessa. Kuvat Maarit Hellstedt.

Syksyn 2017 aikana kummastakaan alueesta ei kertynyt valumavettä lysimetreihin. Keväällä 2018 molemmat lysimetrit olivat täynnä vettä. Vesien analyysituloksista voi nähdä kasvualustan sisältämän liukoisien typen ja fosforin osittain huuhtoutuneen maan läpi valuvan veden mukana (taulukko 7). Kun nurmikon kasvualustoja perustetaan kompostipohjaisilla tuotteilla, tapahtuu usein aluksi etenkin liukoisien typen huuhtoutumista. Kun viherrakentamisessa käytetään ravinnerikkaita kasvualustoja, olisi perustettavan kasvuston ehdittävä ottamaan ravinteita ennen runsaita valuntoja. Kasvualustan ravinteisuus havaitaan myös sivu- ja mikroravinteiden hieman kohonneista pitoisuuksista valumavedessä verrattuna vanhaan kasvualustaan.

**Taulukko 7.** Kompostilla lannoitetun viherpilottialueen ja verrokkialueen kevään 2018 valumavesien analyysitulokset.

Näytetunnus	NH <sub>4</sub> -N mgl	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> - mgl	N-tot mgl	PO <sub>4</sub> -P_liuen mgl	Ptot mgl	K mgl	Mg mgl	Mn mgl	Na mgl		
Kompostikoealue	2,98	15,7	26,6	6,45	6,58	48,8	12,6	0,04	5,76		
Verrokkialue	0,132	0,252	1,1	0,237	0,303	7,18	1,63	0,005	0,426		
Näytetunnus	Al mgl	B mgl	Ca mgl	Cd mgl	Cr mgl	Cu mgl	Fe mgl	Ni mgl	Pb mgl	S mgl	Zn mgl
Kompostikoealue	0,021	0,043	24,4	<0,0007	0,001	0,0102	0,077	0,003	<0,005	4,46	0,023
Verrokkialue	0,022	0,0031	6,05	<0,0007	<0,001	0,0044	0,035	0,003	<0,005	0,256	0,006

### 5.3.2. Levin tulokset ja kokemukset

Biohiilipitoisen kompostin käyttöä nurmikoiden perustamisessa tutkittiin Levillä yhteistyössä Luken johtamassa BEVI-hankkeessa mukana olleiden yritysten kanssa. Nurmikkopilotissa todettiin, että kasvien juuret kasvoivat hyvin biohiiltä sisältäneessä kasvualustassa ja kasvualustan vedenpidätyskyky oli erinomainen. Tulokset on julkaistu BEVI – hankkeen loppuraportissa 2017 ([https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika\\_Tiedostot/5/Hanke/1444/LOPPURAPORTTI\\_BEVIloppuraportti2017finalb.pdf](https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1444/LOPPURAPORTTI_BEVIloppuraportti2017finalb.pdf)).

## 5.4. Kasvihuoneviljelykokeet

### 5.4.1. Piikkiön koe salaattilla, basilikalla ja orvokilla

Luke Piikkiön toimipaikassa tutkittiin valmiin turkislantakompostin ja siitä 0-kuidun kanssa tehtyjen sekoitusten sopivuutta orvokin, salaatin ja basilikan kasvatukseen kasvihuoneessa. 0-kuitu on selluteollisuuden sivutuote, joka muistuttaa märkää paperinenäiliinamyytyä. Se on ravinteeton, joten sitä lisättiin kompostiin eri pitoisuuksia kompostin mahdollisen kasvien kasvulle haitallisen korkean ravinnepitoisuuden takia. Valitut kasvilajit olivat erityyppisiä: orvokki hidaskasvuinen ja vähän ravinteita kuluttava kasvi, salaatti ja basilika nopeakasvuista ja runsaasti ravinteita kuluttavia kasvilajeja. Jokaiselle kasvilajille tehtiin samat koejäsenet. Kasvit istutettiin StoraEnson pahvista valmistamiin istutuslaatikoihin. Yhteen laatikkoon laitettiin 10 litraa kasvualustaa. Laskennallinen paino 10 litralle oli kontrollissa 4530 g, 100 % kompostissa 6650 g ja 0-kuidussa 4470 g.

Koejäsenet:

1. Kontrolli, Biolanin turvemulta, käytetty lyhenne kont
2. Komposti 100 %, käytetty lyhenne K100
3. Komposti 75 %, 25 % 0-kuitu, käytetty lyhenne K75
4. Komposti 50 %, 50 % 0-kuitu, käytetty lyhenne K50
5. Komposti 25 %, 75 % 0-kuitu, käytetty lyhenne K25
6. Komposti 12,5 %, 87,5 % 0-kuitu, Käytetty lyhenne K12.5
7. 0-kuitu, käytetty lyhenne Okuitu

Kokeet tehtiin alkutalvesta 2017 (Taulukko 8). Kasvit istutettiin pikkutaimina viljelylaatikoihin ja kasvatettiin kullekin kasville sopivissa olosuhteissa kasvihuoneosastoissa. Orvokin ja salaatin kasvihuoneosaston päivälämpötilan asetusarvo oli 19–20 °C ja yön 16 °C. Basilikan lämpötila oli 20–21 °C. Orvokki sai tekovaloa HPS-lampuilla (suurpainenaatriumlamppu) 175 µmol/m<sup>2</sup>s ja salaatti 140 µmol/m<sup>2</sup>s 16–18 tuntia päivässä. Basilikaa valotettiin 135 µmol/m<sup>2</sup>s 20 tuntia päivässä.

**Taulukko 8.** Orvokin, salaatin ja basilikan viljelyajat.

Päivämäärä	Orvokki	Salaatti	Basilika
Istutus	25.10.2017	8.11.2017	9.11.2017
Lopetus	4.12.2017	4.12.2017	5.12.2017
Viljelyaika, vrk	41	27	27

Koejärjestelyinä oli täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koe. Jokaista koejäsentä oli neljä toisto eli lohkoa. Yksi laatikko oli yksi lohko/koejäsen. Tuore- ja kuivapainopunnitukset analysoitiin tilastollisesti SAS mixed proseduurilla ja parittaiset vertailut tehtiin Tukeyn HSD proseduurilla. Yhtein laatikkoon istutettiin 9 orvokin tainta. Salaatin ja basilikan taimia istutettiin 12 kpl/laatikko. Tulokset on esitetty orvokin 9 ja salaatin sekä basilikan 12 taimen keskiarvoina.

Koekasveja kasteltiin vedellä. Pelkkää O-kuitua lannoitettiin hieman. Laatikoihin ei tehty reikiä mahdollisen liikakastelun veden valumista varten. Pyrittiin kastelemaan riittävän niukasti. Cultilenen WCT-anturilla mitattiin kosteuksia. Koska mitta-anturi mittaa koko kasvualustan paksuudelta, kuiva pinta ja märkä pohja tasoittivat lukemia. Kompostin ja O-kuidun rakenteet olivat karkeita, joten niistä saadut mittalukemat eivät ole suoraan vertailukelpoisia kontrollin kanssa (Kuva 21). Karkea pinta kuivui niin paljon, että kasteluvettä lisättiin helposti liian paljon. Viikon 46 lopussa kastelimme kaikki laatikot 1000 ml:llä, joka osoittautui liian suureksi määräksi. Kuvista näkee hyvin viikon, jolloin kastelua lisättiin kerta-annoksena runsaasti (Kuva 21).

Koska O-kuitua sisältävissä alustoissa kasvit kasvoivat kituliaasti, ne eivät kuluttaneet annettua vesimäärää. Salaatilla ja basilikalla 100 % kompostissa kasvit kuluttivat selvästi enemmän vettä kuin muissa alustoissa. Orvokki kulutti eniten vettä kontrollissa. Kulutus kuvaa hyvin kasvin kokoa. Mitä isommat kasvit sitä enemmän ne kuluttivat vettä. Kasteluvesien määrät mitattiin viljelyn aikana. 100 % kompostia sisältävää viljelylaatikkoa kasteltiin keskimäärin orvokilla 640 ml/vk, salaatilla 760 ml/vk ja basilikalla 810 ml/vk. Pitää muistaa, että pieniä kasveja kasteltiin vähemmän ja kasvien kasvaessa vesimääriä lisättiin. Lukemat sisältävät myös liiallisen kertakastelun, joten ohjearvoja pitäisi pienentää. Ulkona kasvatettaessa olisi otettava myös huomioon olosuhteiden vaihtelut kasvupaikoilla (esim. hyvin aurinkoinen tai varjainen paikka ja pitkät pilviset jaksot).

Cultilenen WCT-anturilla mitattiin myös kasvualustojen sähkönjohtokykyä, jotka kuvaavat ravinteiden määrää kasvualustassa. Erityisesti tällä menetelmällä saadaan tuntuma typen pitoisuudesta kasvualustassa (Kuva 22). Jos kasvualustassa on hyvin paljon joitain muita suoloja, ne nostavat johtokykyä. Johtokyky ilmoitettiin tässä kokeessa mS/cm.

Kuvasta 22 näkee, että 100 % kompostissa oli runsaasti ravinteita. Johtokyky oli korkea. Yleensä kasvualustan johtokyky 2–4 mS/cm välillä ei aiheuta ongelmia kasveille. Salaatti ja basilika kasvoivat kuitenkin hyvin korkeassa johtokyvyssä. Tämä seikka on hyvä asia, koska ravinteiden pitää riittää koko kasvukauden ajaksi. Korkea johtokyky voi heikentää kasvien veden saantia kovalla helteellä. Tässä kokeessa salaatin ja basilikan viljelyajat olivat varsin lyhyet, mutta johtokyvyn mittaustulokset kertovat, että tässä alustassa olisi ravinteita riittänyt pidempäänkin kasvatukseen. Kasvualustan kloridipitoisuudesta ja sen vaikutuksista salaattiin kerrotaan orvokin yhteydessä.

Salaatin ja basilikan kasvatustulokset olivat parhaat 100 % kompostissa (Taulukko 9 ja 10). Taulukoiden tuore- ja kuivapainopunnitukset olivat tilastollisesti merkitsevästi parhaat 100 % kompostissa. Salaatilla toiseksi paras kasvutulos saatiin 75 % kompostissa kun taas basilikalla se oli kontrollissa. Vaikka basilikalla kontrollissa oli selvä typen puutos, kasvi kasvatti kuitenkin toiseksi suurimman vihermassan. Basilikalla kontrollissa oli jonkin verran hajontaa kasvutuloksessa eri laatikoissa. Joissain laatikoissa ravinteiden puute näkyi erittäin hyvin ja toisessa laatikossa puutos oli lievempää. Ravinteiden puutos näkyi vaaleana värinä. Salaatin kasvutulos oli kontrollissa heikko. Valokuvat salaatin kokeesta ovat kuvissa 23–25. Basilikakokeen valokuvat ovat kuvissa 26–29.

O-kuitukasvualusta alkoi heti hajota, mikä aiheutti suuren typen kulutuksen tätä sisältävissä kasvualustoissa. Siten typen määrä laski mitä enemmän O-kuitua kasvualusta sisälsi. Kun kompostia oli vain puolet kasvualustasta tai vähemmän, kasvit kasvoivat hyvin heikosti, koska kärsivät ravinteiden puutteesta. O-kuitua yli 50 % sisältäviin alustoihin ilmestyi orvokilla hajottajasienten itiöemiä (Kuva 30).

Orvokilla paras kasvutulos oli kontrollialustassa (Taulukko 11). Orvokki kasvoi varsin hyvin 100 % kompostissa, mutta lehdistä esiintyi reunojen kuivumista. Kasvit alkoivat kukkia hyvin kuten kontrollissa ja kukissa ei näkynyt vioituksia. O-kuidun lisääminen kompostiin ei parantanut kuitenkaan orvokin kasvutulosta. Kasvit suorastaan kituivat. Hengissäselvinneet yksilöt muuttuivat vihreämmiksi kasvatuksen loppuvaiheessa ennakoiden O-kuidun hajoamisen saavuttaneen asteen, jossa alkoivat luovuttaa sitomaansa typpeä. Valokuvia orvokkikokeen vaiheista on kuvissa 31–36.

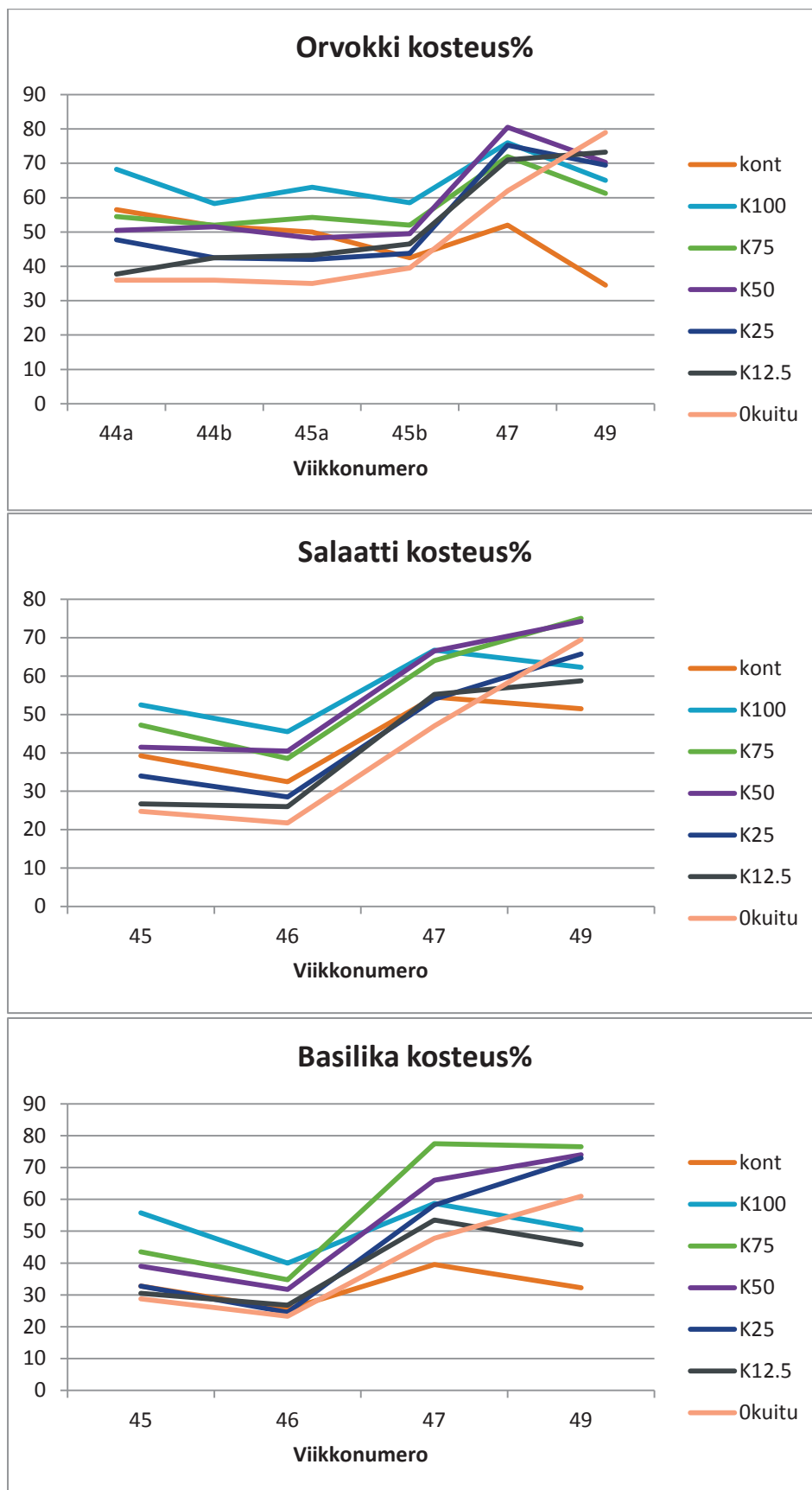
Kompostissa oli ominaisuus, joka vaikutti haitallisesti orvokin lehtiin. Korkea johtokyky voi olla osittain syy, mutta jotain muutakin kasvualustassa oli. Tarkastimme kompostin ravinteet laboratorioanalyysin. Fosforipitoisuus oli kohdallaan, joten se ei ollut oireiden syy. Kloridipitoisuus oli varsin korkea (495 mg/kg). Kloridi erittyy lantaan virtsan mukana ja esimerkiksi kaalin lannoituskokeissa on käytetty lisälannoitukseen laimennettua ihmisen virtsaa, jonka kloridipitoisuus on ollut 440 mg/l (Pradhan ym. 2007 ja Pradhan ym. 2010). Lehtien reunojen nekroosi eli kuivuminen ja kuoleminen on tyypillinen liiallisen kloridin vaikutus. Myös kasvun heikkeneminen on kloorin haittavaikutus, mikä myös näkyi orvokilla. Salaatilla korkea klooripitoisuus, >100 mg/kg, alentaa satoa hieman. Korkea klooripitoisuus maassa vähentää salaatin lehtien vitamiini C:n ja liukoisten sokerien määrää. Toisaalta korkea typpipitoisuus lisää kasvin sietokykyä kasvualustan suolaisuuteen. Koska tässä kokeessa salaatti kasvoi verranteena olleessa kasvualustassa huonosti, kompostialustalta saa tukea salaattisatoaverranteeseen vertaamalla ei pystytty arvioimaan kompostista mahdollisesti aiheutunutta sadon alenemista.

Kokeiden lopussa juurten sijaintia ja määrää katsottiin eri kasvualustoissa. Kontrollialustassa juuria oli tasaisesti koko kasvualustassa pintaa lukuun ottamatta. 100 % kompostissa juuria oli koko kasvualustan alueella tai kasvualustan keskialueella ja alaosassa. Pinta oli karkeaa ja kuivui, joten juuria ei ollut yhtä lähellä pintaa kuin kontrollissa. 75 % kompostissa juuria oli eniten keskialueella, jos pohjassa oli vettä. Kompostimäärän vähetessä juuria näkyi kasvualustan reunoilla niukasti. Basilikan juurista on valokuvia kuvassa 38.

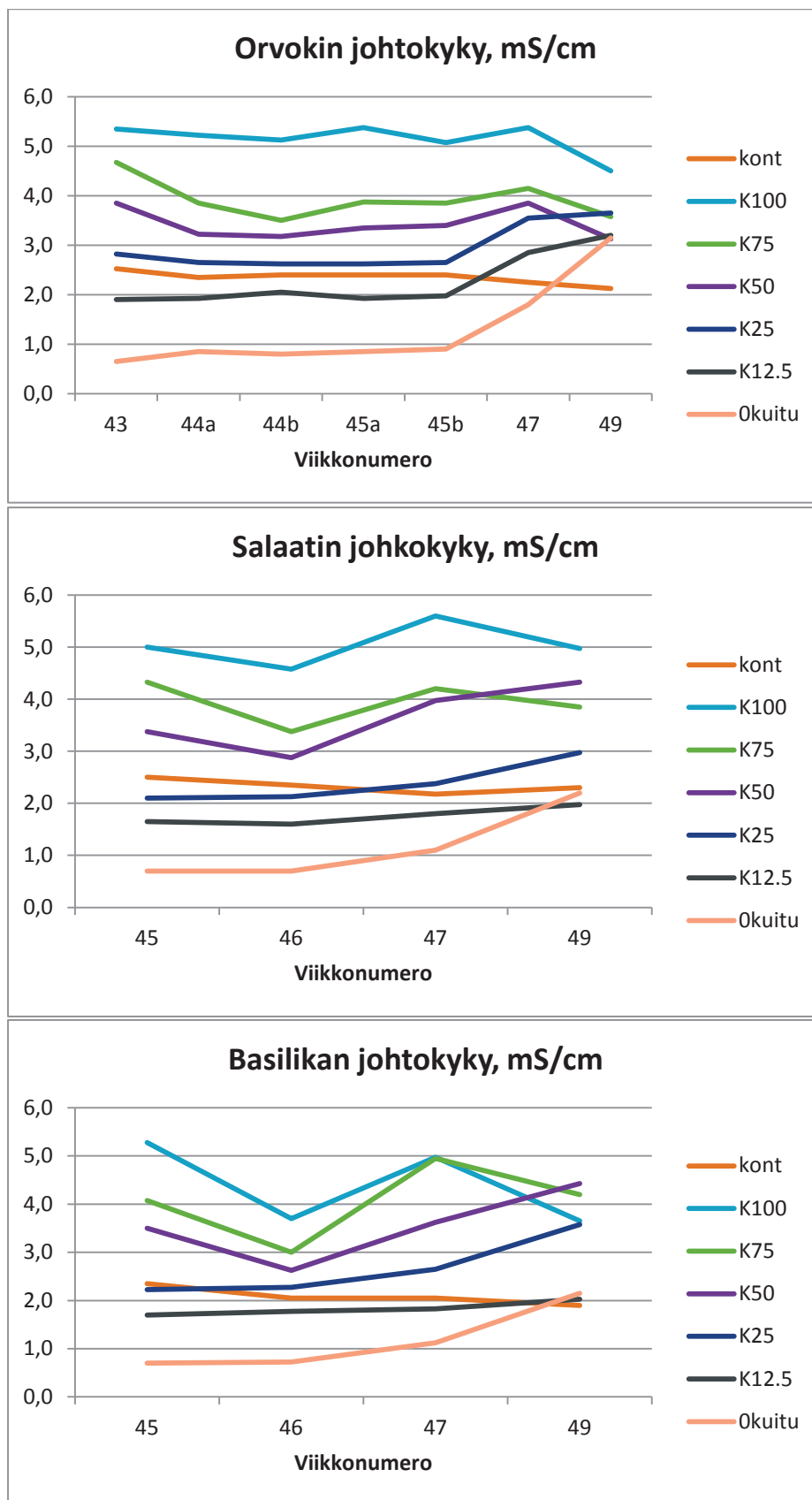
Kokeen tulosten perusteella 100 % komposti soveltuu hyvin salaatin ja basilikan kasvatukseen, mutta kokeita pitäisi jatkaa, jotta kasvualustan soveltuvuus mahdollisimman monelle yrtille voidaan todentaa. Lisäksi olisi suositeltavaa tehdä lehvästön ravinneanalyysijä, jotta tuotteet eivät sisällä EU-lainsäädännön mukaan liian suuria pitoisuuksia tiettyjä alkuaineyhdisteitä, kuten esim. nitraatteja.

Orvokki oli hyvä valinta koekasviksi, koska nyt tiedämme, että korkeille johtokyvyille, kloridille ja mahdollisesti jollekin muulle kompostin ominaisuudelle herkätkä kasvilajit pitää testata. Lisäksi kastelua pitää ohjeistaa tarkoin kuluttajille/viljelijöille. Kasvatuslaatikkona käytetty pahvilaatikko soveltui hyvin kasvatukseen katetuissa olosuhteissa.

Jos kompostiin lisätään vähän lannoitetta sisältävää kasvualustaa, pitää lisälannoituksen tarvetta seurata.



**Kuva 21.** WCT-anturilla viikoittain mitatut kosteuskokemukset eri kasvualustoissa orvokilla, salaattilla ja basilikalla. Koealustojen kosteuskokemukset ovat suuntaa-antavia, koska kasvualustan rakenne oli rakeinen. Viikkonumeron perässä oleva aakkonen a = alkuvuikko, b = loppuvuikko.



**Kuva 22.** Kasvualustoista orvokilla, salaatilla ja basilikalla viikoittain WCT-anturilla mitatut sähkönjohtokyvyt (mS/cm), jotka kuvaavat alustan ravinnetasoa. Viikkonumeron perässä oleva aakkonen a = alkuviikko, b = loppuviikko.



**Taulukko 9.** Salaatin viljelytulokset eri kasvualustoissa. Eri kirjaimet kunkin parametrin lukujen kohdalla kuvaavat tilastollista eroavuutta 95 %:n todennäköisyydellä. Alemmassa taulukossa on kasvien prosentuaaliset osuudet lehtien lukumäärän mukaan ja lehdenreunapolteen esiintyminen.

Kasvualusta	12 kasvin tuorepaino g	12 kasvin kuivapaino g
kontrolli	23.86 c	3.12 c
komposti 100 %	433.75 a	20.48 a
komposti 75 %	258.84 b	13.12 b
komposti 50 %	14.35 c	3.01 c
komposti 25 %	8.92 c	1.89 c
komposti 12.5 %	8.99 c	1.93 c
0-kuitu	20.29 c	3.67 c

Kasvualusta	2 lehteä	3 lehteä	4 lehteä	5 lehteä	6 lehteä	7 lehteä	>7 lehteä	reuna- polte
kontrolli	0	6	8	52	27	6	0	
komposti 100 %	0	0	0	0	0	0	100	1 laa- tikossa
komposti 75 %	0	0	0	0	0	0	100	4 laa- tikossa
komposti 50 %	17	67	17	0	0	0	0	
komposti 25 %	35	63	8	0	0	0	0	
komposti 12.5 %	38	63	0	0	0	0	0	
0-kuitu	0	0	19	81	0	0	0	

**Taulukko 10.** Basilikan viljelytulokset eri kasvualustoissa. Eri kirjaimet kunkin parametrin lukujen kohdalla kuvaavat tilastollista eroavuutta 95 %:n todennäköisyydellä. Mukana lisäksi lehdistön värihavainnot ja lehtien lukumäärä ja kunto. Värihavaintojen skaala: 3 = hyvä, tumman vihreä, 2 = kohtalainen, vaaleamman vihreä, 1 = hyvin vaalean vihreä, 0= näivettynyt, lievästi vihertynyt.

Kasvualusta	12 kasvin tuorepaino g	12 kasvin kuivapaino g	lehdistön väri	lehtien lkm/kasvi	huonot ala- lehdet lkm/kasvi
kontrolli	105.39 b	12.34 b	2	9	3.5
komposti 100 %	219.51 a	20.83 a	3	12	0.5
komposti 75 %	65.26 c	8.42 c	2	9	4
komposti 50 %	13.21 d	2.01 de	1.75	6.25	2
komposti 25 %	5.94 d	0.85 e	1	3	4
komposti 12.5 %	4.93 d	0.85 e	0	3	4
0-kuitu	18.14 d	2.81 d	1.5	5	2

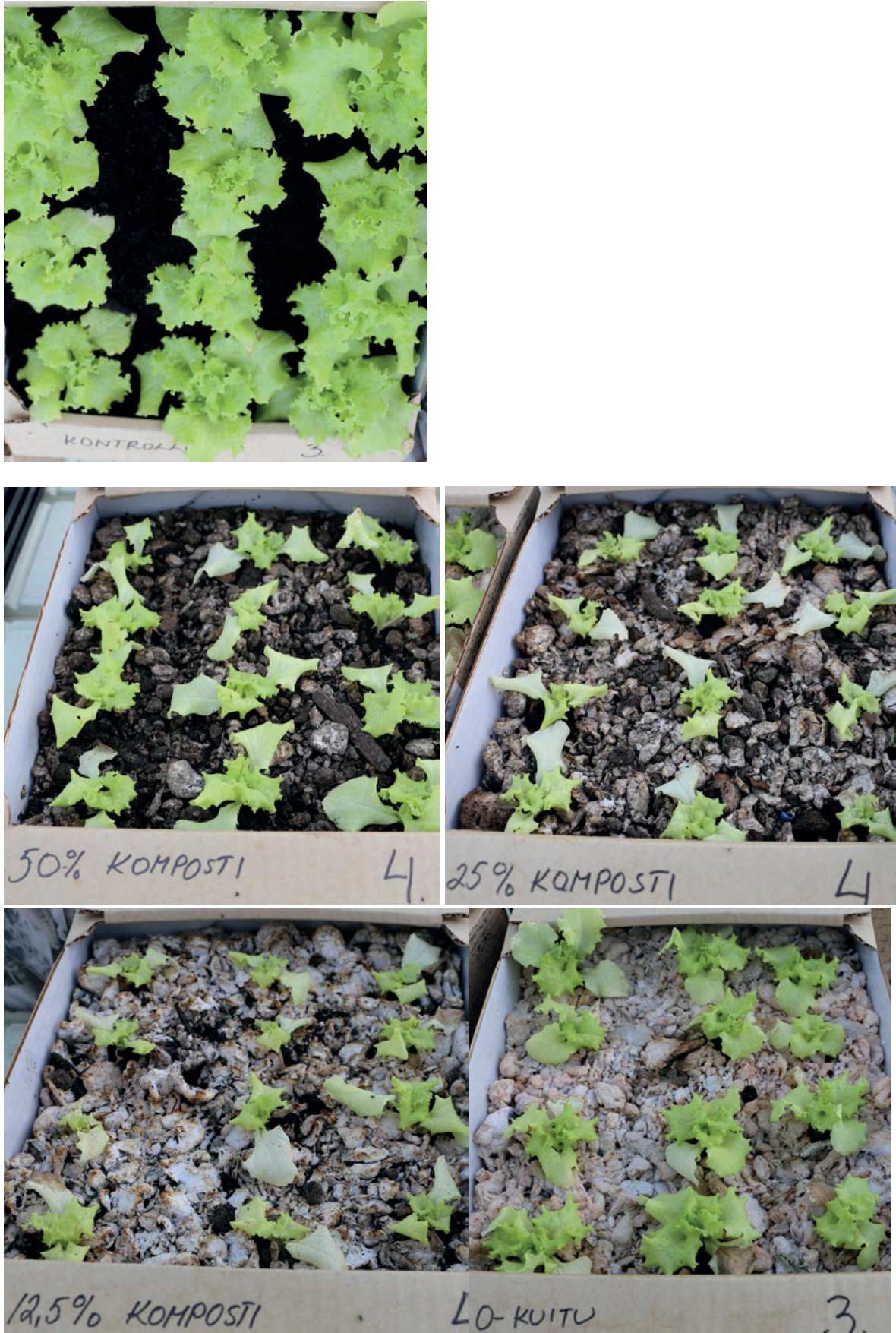


**Kuva 23.** Salaatin istutus 8.11.2017. Kuva Liisa Särkkä.



**Kuva 24.** Kokeen lopussa 4.12.2017 saatu kasvutulos. Vasemmalla 100 % turkislantakompostissa ja oikealla 75 % turkislantakompostissa kasvaneet salaattit. Kuva Liisa Särkkä.





**Kuva 25.** Salaatit kokeen lopussa kontrollissa, 50, 25 ja 12,5 % turkislantakompostissa sekä 0-kuidussa. Kuvat Liisa Särkkä.





**Kuva 26.** Basilikakokeen aloitus. Kasvit istutettu 9.11.2017. Kuva Liisa Särkkä.



**Kuva 27.** Basilikat kuvattu 24.11.2017, 15 vuorokauden kuluttua istutuksesta. Kasvuerot eri koejäsenten välillä näkyvät hyvin. Kuva Liisa Särkkä.



**Kuva 28.** Kokeen lopussa 5.12.2017 yläkuvassa oikealla ja alakuvassa vasemmalla 100 % turkislantakomposti ja vieressä kontrolli. Kontrollissa laatikkokohtaisia eroja eniten. Kuvat Liisa Särkkä.





**Kuva 29.** Kokeen lopussa 75, 50, 25 ja 12,5 % turkislantakompostissa sekä 0-kuitualustassa saatu kasvitulos basilikalla. Kuvat Liisa Särkkä.



**Kuva 30.** Saprofyttisiä sieniä esiintyi runsaasti O-kuitua sisältävissä ovokin alustoissa. Kuva Liisa Särkkä.

**Taulukko 11.** Orvokin viljelytulokset eri kasvualustoissa. Eri kirjaimet kunkin parametrin lukujen kohdalla kuvaavat tilastollista eroavuutta 95 %:n todennäköisyydellä. Mukana lisäksi lehden reunojen kuivuminen sekä kuolleet ja näivettyneet kasvit prosentteina kasveista.

Kasvualusta	9 kasvin tuorepαι- no g	9 kasvin kuivapαι- no g	9 kasvin aukinaiset kukat lkm	9 kasvit värittyneet nuput lkm	Kuivuneet lehden reunat % kasveista	Kuolleet ja näivetty- neet kasvit %
kontrolli	121.05 a	11.08 a	22.5	5.75	14	0
komposti 100 %	106.63 a	12.41 a	27.75	14.75	86	0
komposti 75 %	76.1 b	9.50 b	19	8.75	69	25
komposti 50 %	9.28 d	2.84 d	0	0	0	100
komposti 25 %	8.57 d	2.30 d	0	0	0	100
komposti 12.5 %	9.22 d	2.17 d	0	0	0	100
O-kuitu	36.16 c	7.39 c	7.5	0	0	100





**Kuva 31.** Orvokkikoe istutettu 24.10.2018. Kuva Liisa Särkkä.



**Kuva 32.** 100 % turkislantakompostin, kontrollin ja 0-kuidun rakenteet näkyvät hyvin orvokin istutuksen jälkeen. Pikkutaimet esikasvatettiin kenoissa, joten kennon multaa on taimen ympärillä. Kuvat Liisa Särkkä.





**Kuva 33.** Kuvattu 10.11.2017, 17 päivän kuluttua istutuksesta, kontrollin ja 100 % turkislantakompostin orvokit olivat suurimmat. 25 % ja 12,5 % komposteissa alalehdet punersivat ja kasvu oli huonompaa kuin edellä mainituilla ravinteiden puuteessa. Kuva Liisa Särkkä.

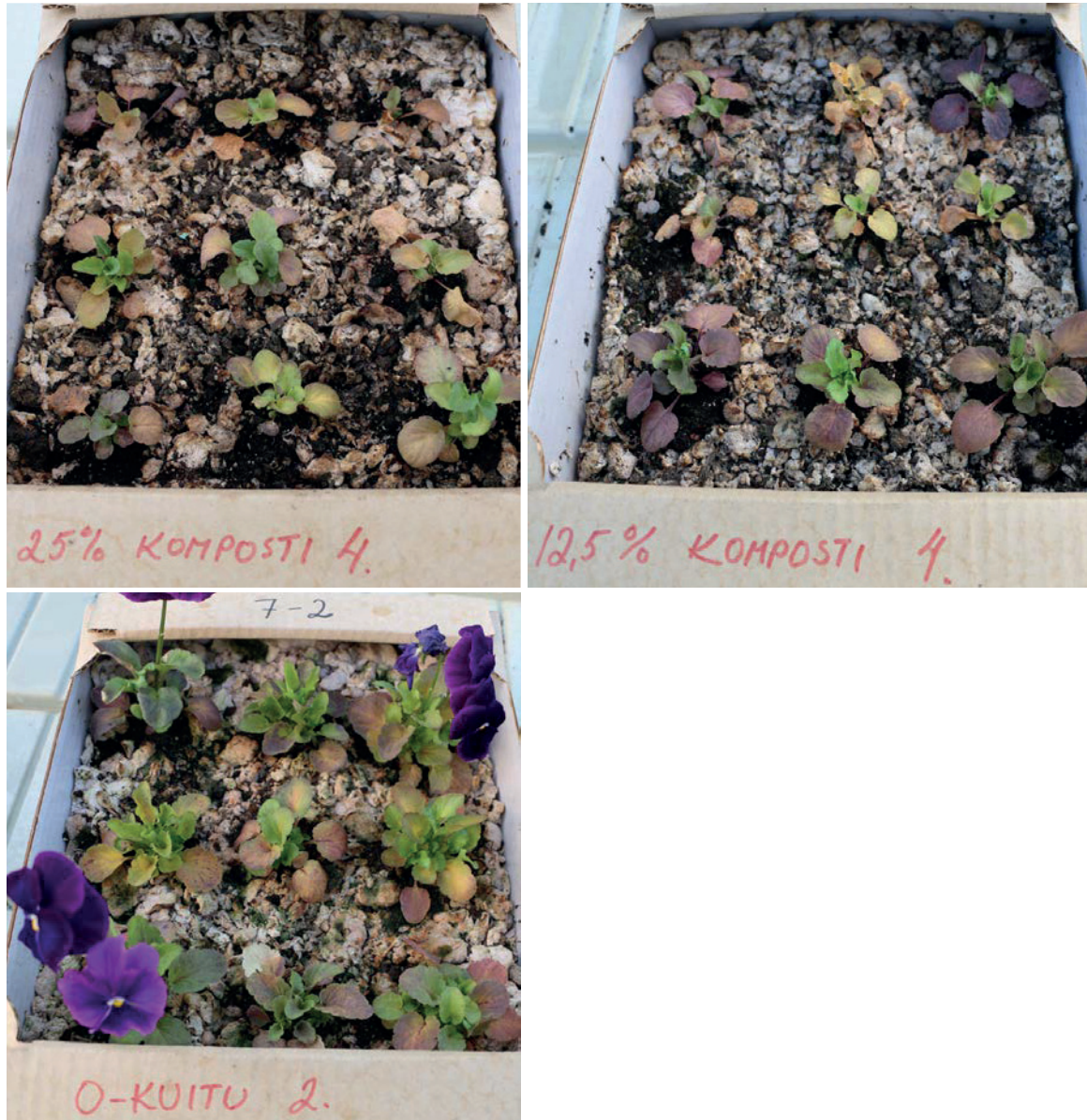


**Kuva 34.** Kuvattu 24.11.2017. Kontrollissa orvokit peittivät kasvualustan. 100 % turkislantakompostissa esiintyi lehtien reunoissa kuivumista. Tätä ilmeni jo 24 vuorokauden kuluttua istutuksesta. Oireet olivat lievempiä 75 % kompostissa. Kuvat Liisa Särkkä.





**Kuva 35.** Orvokkikokeen lopussa 4.12.2017 kontrollialustan sekä 100, 75, 50 % turkislantakompostissa saatu kasvitulos. Kuvat Liisa Särkkä.



**Kuva 36.** Orvokkikokeen lopussa 4.12.2017 25 ja 12,5 % turkislantakompostialustoissa sekä 0-kuidussa saatu kasvitulos. Kuvat Liisa Särkkä.





**Kuva 37.** Basilikan juurikuvat kokeen lopussa. Ylhäällä kontrolli, keskellä 100 % turkislantakomposti ja alhaalla 75 % turkislantakomposti. Kuvat Liisa Särkkä.

Koska koetulokset 100 %:ssa turkislantakompostissa olivat hyvät, testasimme vielä erikseen siementen itämistä suoraan kompostissa. Salaatti ja basilika itivät ja kasvoivat hyvin. Orvokki iti huommin ja pienissä lehdissä näkyi jo kasvuhäiriöitä (Kuva 38).



**Kuva 38.** Basilikan, orvokin ja salaatin suorakylvön tulos 100 % turkislantakompostissa. Kuva Liisa Särkkä.

### 5.4.2. Kasvatus- ja pakkauksen toimivuuskokeet yksityisellä kasvihuoneella

Kasvihuoneella osa taimista istutettiin koealustoina toimineisiin pahvilaatikoihin ja osa muovilaatikoihin, joita kasvihuoneessa yleensä käytetään. Kasvualustoihin käytettiin kahdenlaista seosta, koska kompostiseoksen arvioitiin sinällään olevan liian voimakas tomaatille ja kurkulle.

Ensimmäinen seos oli 10 % biohiiltä + 10 % turvetta ja loput turkislantakompostia. Kasvualustaseos pakattiin Stora Enson isompaan laatikkoon. Istutus aloitettiin neljällä laatikolla, joista kuhunkin istutettiin kaksi tomaatin tainta. Koelaatikoita seurattiin kaksi viikkoa ja kasteltiin saman verran kuin verrokkikasvualustoja. Kyseinen vesimäärä osoittautui liian suureksi koelaatikoille ja liika kasteluvesi kertyi laatikon pohjalle. Lopuille laatikoille, joita oli yhteensä 150, tehtiin reiät pohjiin, jotta liikavesi valui kaukaloon ja edelleen keräysaaviin. Vedestä otettiin näyte, ja hygienianalyysin perusteella sen todettiin soveltuvan kasvien kasteluun.

Toinen kokeiltu seos oli 25 % biohiiltä + 25 % turvetta ja loput turkislantakompostia. Laatikoihin tehtiin valmiiksi reiät pohjaan mahdollisen ylimääräisen ravinneveden valuttamiseksi talteen. Kasvualustaseos ei ollut yhtä toimiva kuin ensimmäisessä kokeilussa käytetty. Kasvualustoihin jouduttiin lisäämään ravinteita kasvatuskauden aikana. Osasyynä lisäravinteiden tarpeseen oli myös erilainen taimimäärä, sillä toisessa kokeilussa oli tomaatin taimia 4 kpl/laatikko.

Puutarhurin yhteenveto kokeista oli, että kasvualustaseos ja laatikot soveltuvat sekä tomaatin että kurkun kasvatukseen (Kuva 39), mutta vaativat vielä jatkokehittämistä. Pakkausmuotona kasvualustalaatikat soveltuivat hyvin kasvihuonekäyttöön. Kasteluv veden määrään tulee kiinnittää huomiota. Ravinteiden riittävyys koko kasvukaudeksi on haaste. Sadon määrässä ei ollut havaittavissa eroa käytössä olevaan kasvatukseen.

Seos ja pakkaus vaativat vielä tuotekehitystä laajempaan käyttöön otettaessa. Etuna on, että laatikon käyttöönotto sekä hävittäminen kierrätyksen kautta vähentävät merkittävästi käsityötä sekä kasvitautilien leviämistä. Veden käytön vähentäminen vaatii nykyiseen kasteluun säätöjärjestelmän muutoksia. Liika kastelu oli suurin ongelma. Seoksen osalta jatkotutkimuksella tulee selvittää seoksen rakenne ja soveltuvuus eri kasviryhmillä.



**Kuva 39.** Kasvihuoneella koeseoksia testattiin sekä tomaatin että kurkun viljelyyn. Kuvat Mirja Mustonen.



### 5.4.3. Kuluttajapakkausten kasvatuskokeilut

Hankkeen tavoitteena oli kuluttajaystävällinen tuote. Kalajoella yhtenä koekäyttäjäryhmänä olivat yksityishenkilöt, jotka testasivat kasvualustan ja pakkauksen toimivuutta kotikasvatuksessa. Testauksessa oli sekä Stora Enson valmistama pienempi että suurempi laatikko. Vuonna 2016 testaaajia oli 5 henkilöä ja vuonna 2017 yhteensä 15 henkilöä. Laatikkoita oli käytössä 2–5 kpl/henkilö. Kasvatuspaikat olivat katoksen alla, lasikuistilla, avoterassilla, pienkasvihuoneessa sekä parvekkeella, kuva 40. Kasvualusta seoksissa vaihteli biohiilen osuus 5–25 % välillä, kompostin osuus 50–70 % välillä ja turpeen osuus vaihteli 45–5 %.

Käyttökokemukset kasvuun liittyen oli samansuuntaiset kuin Piikkiön kokeissa saadut. Maustekasvit, salaatti, tomaatti ja kurkku kasvoivat hyvin kaikissa kasvualustoissa. Lisäravinteita lisättiin tarvittaessa, kun kasvu alkoi selvästi heikentyä. Toisaalta kasvualustan ravinteet riittivät koko kasvukauden, kun laatikkoon istutettiin riittävän vähän taimia.

Kotikasvatuksessa pienempi pakkauskoko oli käyttäjien mielestä toimivampi. Kastelu tuotti ongelmia myös tässä käyttäjäryhmässä, koska kompostin pinta näytti kuivalta ja moni käyttäjä lisäsi vettä pinnan kuivuuden mukaan. Laatikon pohjalle kertynyt liika vesi aiheutti ongelmia kasvuun ja se valutettiin pois laatikoiden pohjaan tehdystä rei'istä. Yhteenvetona käyttäjät totesivat, että kompostiseoksen käyttö vaatii tottumista, jotta osaa kastella tarpeeksi vähän.



**Kuva 40.** Kuluttajapakkauksissa testattiin erilaisten yrttien viljelyä. Kuvat Mirja Mustonen.

## 6. Liiketoimintamallit

Liiketoiminta mallin kehittämisen tavoitteena oli valmistaa elintarvikekasveille tarkoitettuja peruskompostiseokseen pohjautuvia orgaanisia kasvualustoja, jotka soveltuvat valituille kasviryhmille. Tavoitteena oli myös asiakaskohderymien selkiyttäminen sekä selvittää tuotteen soveltuminen markkinoille. Kohdeasiakkaina olivat ammattiviljelijät ja kotitarvekasvattajat.

Kasvualustamarkkinat ja -toimintaympäristö ovat haastavia ja kilpailtuja. Liiketoiminta perustuu tällä hetkellä pääosin turvepohjaiseen tai kivivilkakasvualustaan, jota keinolannoitetaan kastelun yhteydessä. Lisäksi on tarjolla täydennyslannoitettuja kasvualustoja. Yhteistä tarjolla oleville kasvualustoille niin Suomessa kuin Euroopassa on, että ne on pakattu 10–50 l muovipussiin, ja hinnat ovat noin 3–10 € välillä. Pakkauksena muovipussi on käytännöllinen, koska suurin osa kasvualustoista säilytetään puutarhamyymälöissä ilman katosta. Lisäpalveluina myydään astiat, telineet, lannoitteet yms. joiden avulla saadaan lisäystä liikevaihtoon. Lisätuotteet on hinnoiteltu niin, että alan kannattavuus saadaan tätä kautta paremmaksi.

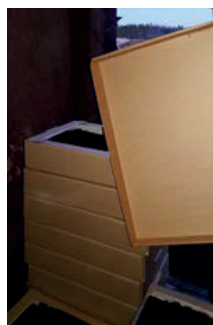
Jos kompostia valmistetaan pienimuotoisesti esimerkiksi aumakompostoimalla, yritys voi toimia hyvin osuuskuntapohjaisena. Useat osuuskunnat ja yksittäiset lannan tuottajat tarjoavat ylimääräistä lantakompostia ilmaiseksi haettavaksi esimerkiksi viherrakentamiseen maanparannusaineeksi.

Hankkeen tavoitteena oli myös kehittää liiketoiminnan perusta, käydä läpi elintarvikekasvien kasvatukseen tarkoitettuihin lannoitevalmisteisiin liittyvä lupamenettely ja valvonta sekä jalkauttaa se alasta kiinnostuneille yrityksille. Kompostilaitoksen toiminta vaatii aina ympäristöluvan. Himangan kompostilaitokselle ympäristöluvan myönsi Kalajoen kaupungin ympäristötoimi. Kun tarkoituksena on valmistaa tuotteita elintarvikekasvien kasvatukseen, on valmistuksen täytettävä siihen liittyvän lainsäädännön vaatimukset, joiden lisäksi tarvitaan Eviralta lupia ja hyväksyntöjä, jotka on tarkemmin esitelty luvussa 8.

Keskeinen liiketoiminnan perusta on hyvä ja toimiva tuote. Hankkeessa pystyttiin kehittämään perustuote, joka toimi tietylle kasviryhmälle. Jatkossa on tehtävä vielä perusseoksen ja tuotteen osalta tuotekehitystä, jotta sen pohjalta voidaan käynnistää kannattava tuotanto.

Hankkeessa käytetty pakkaus (Kuva 41) tuli Stora Enson, jonka peruspakkausversio oli kasvatuskokeiluissa käytettävänä. Pakkaus on muovipinnoitettu sisältä ja pahvia pinta. Laatikko ei kestä suoraa kastumista ja varastointi tulee olla kuivissa tiloissa. Kasvatuskokeiluissa saatiin palautetta laatikon soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin sekä muutosehdotuksia.

Hankkeessa ei ollut mahdollista tehdä asiakasrajapinnassa koemyyntiä. Tämän kautta olisimme saaneet tietoa, miten hinnoittelutaso ja lantapohjainen kasvualusta tuotteena vaikuttaa ostopäätöseen.



**Kuva 41.** Kasvusalustan kasvatuskokeiluissa käytetty Stora Enson pakkaus. Kuvat Mirja Mustonen

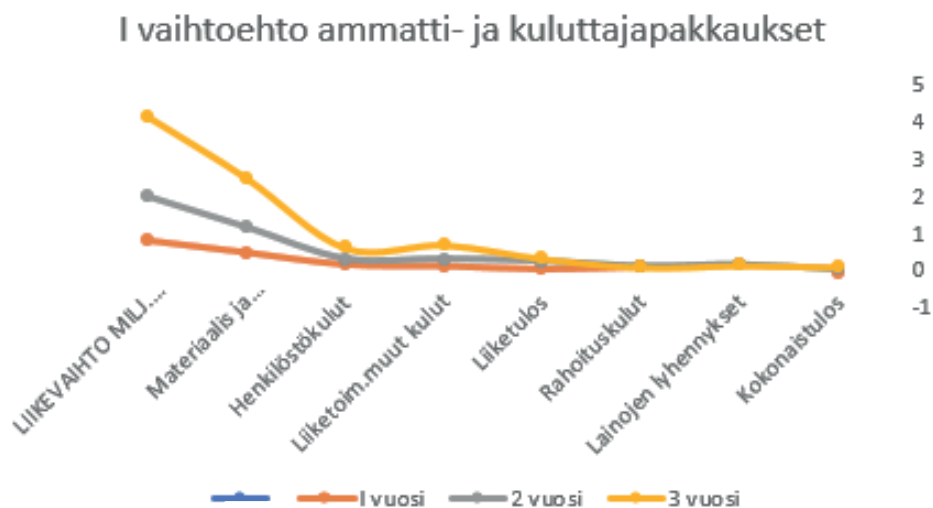
Hankkeen kunnianhimoinen tavoite oli löytää yritys, jolla olisi kiinnostus jatkaa tuotekehitystä ja yritystoimintaa hankkeen päättymisen jälkeen. Hankkeessa mukana olleet tarhat ja kompostinhoitaja muodostivat viiden yrityksen työryhmän. Tämä yrittäjäryhmä perusti yrityksen, osakeyhtiön. Yritys

toimii jatkossa yhteistyössä hankkeen aikana muodostuneessa ja edelleen laajentuvassa alueen Bio- ja kiertotalous innovaatioverkostossa. Yrityksen liiketoiminnan perusta ja tuote tulee olemaan kompostista valmistettava kasvualusta.

Kasvualustatuotannon käynnistäminen vaatii merkittäviä investointeja koneiden, laitteiden sekä tuotanto- ja varastointitilojen osalta. Tuotteen ja tuotannon kehittämiseen tarvitaan merkittävästi resursseja, sillä tuotekehitys vaatii huomattavan paljon aikaa ennen kuin tuote on valmis markkinoille. Tuotteen lopullinen valmistuminen riippuu yrityksen saamasta tuotekehitysrahoituksesta. Julkisen rahoituksen hakeminen vaatii osaamista ja valmistelua. Julkinen tuki investointeihin on noin 25–35 %. Yksityisrahoitusta on suuremmissa hankkeissa haettava eri lähteistä.

Kompostin valmistus tunnelikompostointimenetelmällä biohiiltä seosaineena käyttäen osoittautui kustannuksiltaan korkeaksi. Kompostista seostettavan kasvualustatuotteen valmistuskustannukset manuaalisesti tuotettuna nousevat pakkausta kohden korkeaksi suurten työkustannusten takia. Automaatio puolestaan lisää kone- ja laitehankintoja. Suuria määriä valmistettaessa automaatiolla voidaan saada pakkausten yksikköhinta alemmaksi, mutta tällöin alkuvuosina taloutta rasittaa investointien takaisinmaksu.

Startup-yritys, innovatiivinen ja voimakasta kasvua ja tulosta hakeva yritys, sekä uusia liiketoiminnallisia keinoja kokeileva ja kehittävä yritys kiinnostaa yksityisiä rahoittajia. Mukaan voi hakea myös strategisesti liiketoimintaan osallistuvia sijoittajia, jotka toimivat aktiivisesti hallitustyöskentelyssä mukana. Sijoittajille tarvitaan tietoa vaihtoehtoisista tuotevalikoimista ja niiden arvioidusta vaikutuksesta yrityksen kannattavuuden kehitykseen. Valittavalla tuotevalikoimalla on oleellinen merkitys perustettavan yrityksen kannattavuuteen. Laskelmien perusteella ammatti- ja kuluttajakäyttöön suunnitelluilla pienpakkauskilla on mahdollista päästä kannattavaan liiketoimintaan jo ensimmäisenä toimintavuonna, kun markkinoinnissa onnistutaan (Kuva 42).

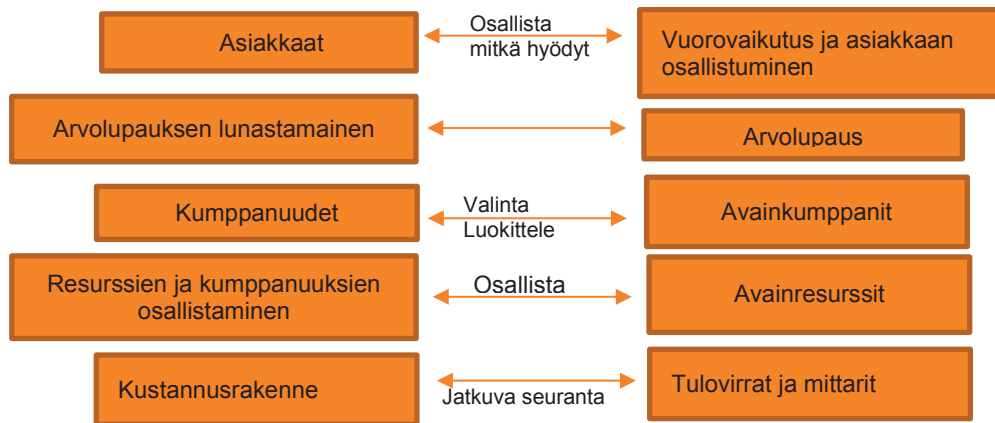


**Kuva 42.** Ammatti- ja kuluttajapakkausten tuotannon arvioitu kannattavuuden kehitys ja kulurakenne.

Kasvualustojen valmistuksen haateellinen kilpailuympäristö vaatii hyvät työkalut, joilla arvioidaan:

1. Tuotteen toimivuus ja ominaisuudet
2. Potentiaalisten asiakkaiden kartoitus ja miten tuote markkinoidaan luomalla samalla asiakkaiden luottamus tuotteeseen
3. Asiakaskeskeisyys – ja miten se jalkautetaan ja miten se tulee näkymään toiminnassa.
4. Tuotekehityksen vaiheen todentaminen – raaka-aineen kompostin kypsyyden määrittely – orgaanisen seoksen ominaisuuksien määrittely
5. Miten tuote pärjää tulevaisuudessa kovasti kilpaillussa tuotantoympäristössä
6. Tuotteen pakkausmuoto ja käytettävyys
7. Tuotteen kannattavuuden arviointi
8. Onko mahdollisuuksia löytää uusia toimintamalleja ja liiketoimintaideoita

Liiketoiminnan suunnittelu perustana on asiakaslähtöisyys, taulukko 12 ja kuva 43. Toimintaa tulee jatkuvasti arvioida ja kehittää tästä näkökulmasta.



**Kuva 43.** Asiakaslähtöisyys on liiketoiminnan perusta.



**Taulukko 12.** Liiketoiminta mallissa huomioidaan asiakkaan näkökulma koko toiminnassa.

	<b>Yritys</b>	<b>Asiakas</b>
<b>Asiakkat</b>	Ymmärrys asiakkaan tarpeisiin haasteet, tavoitteet ja tulevaisuuden tarpeet.	Miksi asiakas (tai alihankintayritys) ostaa, mitä hyötyjä tarvitsee, mikä on asiakkaan paras tilanne
<b>Vuorovaikutus ja asiakkaan osallistuminen</b>	Yrityksen rooli arvon tuotannossa. Miten tuotamme arvoa yhdessä asiakkaan kanssa ja vuorovaikutuksen tukeminen yrityksen ja asiakkaan välillä.	Asiakkaan rooli arvontuotannossa. Asiakkaan halu olla vuorovaikutuksessa.
<b>Arvolupaus</b>	Mitä myydään ja mitkä ovat tarjooman elementit.	Mitä hyötyjä asiakas ostaa, mitkä haasteet ratkaistaan ja millä saadaan asiakas valitsemaan tarjottu ratkaisu
<b>Arvolupauksen lunastaminen</b>	Asiakkaan auttaminen saavuttaa tavoiteltu hyöty.	Mitä arvoa syntyy asiakkaalle? Mitä pitemmän tähtäimen hyötyjä?
<b>Avainkumppanit</b>	Arvolupaukseen liitettävät avainkumppanit, roolit ja heidän saama hyöty yhteistyöstä	Avain kumppannuusverkosto näkyy asiakkaalle, asiakkaan avainkumppanuudet ja niiden huomiointi
<b>Kumppanuudet</b>	Muut kumppanuudet, roolit ja hyödyt	Kumppannuusverkosto näkyy asiakkaalle, asiakkaan toiminta ja niiden huomiointi
<b>Avainresurssit</b>	Arvolupaus vaatii Mitä taitoja, osaamista ja muita resursseja tarvitaan.	Mitä asiakkaan taitoja, osaamista ja muita resursseja.
<b>Resurssien ja kumppanuuksien osallistaminen</b>	Resurssien hyödyntäminen ja jatkuva kehittäminen. Kumppanuuksien hyödyntäminen ja ylläpito sekä kehittäminen ja riskien hallinta	Asiakkaan resurssien ja kumppanuuksien hyödyntäminen, miten kehitetään. Päivästoimen miten asiakas hyödyntää ja kehittää meidän kumppanuuksia.
<b>Tulovirrat ja mittarit</b>	Ansaintalogiikka (taloudellinen ja muu arvo) Asiakassuhteen arvo yritykselle, miten arvo mitataan.	Asiakkaan saama taloudellinen hyöty. Mistä hyödystä asiakas on valmis maksamaan ja mitä. Muut toiminnan avainindikaattorit ja seuranta menetelmät.
<b>Kustannusrakenne</b>	Kustannukset koostuvat Muut taloudelliset menetykset	Asiakkaalle syntyvät kulut Muut taloudelliset menetykset

Yrityksen toimintaa tukemaan rakennettava innovaatioverkosto, kuva 44, muodostuu erilaisen roolin omaavista osapuolista. Osapuolet voivat olla esim. suoraan kiinteästi yrityksen liiketoimintaan liittyviä, sopimuksin liiketoimintaan liittyviä tai suoraan tai välillisesti yrityksen liiketoimintaan lisäarvoa tuottavia tahoja. Innovaatioverkoston toimintamallin rakentamisessa tulee arvioida, mikä toimintatapa tuottaa suunnitellulle verkostolle parhaiten lisäarvoa ja edistää tavoiteltua toimintaa. Innovaatioverkoston vetäjällä on tärkeä rooli verkoston onnistumisessa. Vetäjää valittaessa tärkeitä vaatimuksia ovat liiketoiminnallinen osaaminen, verkoston rakentajan taidot sekä toiminnalliset edellytykset, toimintamallin edelleen kehittämisen ja ylläpidon taidot. Koska pienillä ja/tai aloittavilla yrityksillä ei useinkaan ole lainsäädäntöä ja määräyksiä tuntevaa henkilöstöä, verkostoon on suotavaa kuulua myös taho, joka tuntee erilaiset markkinakohtaiset viranomaislupamenettelyt ja miten ne hoidetaan.

#### Verkostonnovaatio perusteet – yhteistyötahot – neuvottelut



**Kuva 44.** Kasvualustatuotannon toimintaympäristö, yhteistyötahot ja tavoite

## 7. Tuotantoprosessisuunnittelu

Hankkeessa tarkasteltiin yleisellä tasolla tuotantolaitoksen eri tuotantomallien vaihtoehtoja manuaalisen ja automatisoidun tuotannon välillä ja arvioitiin, mitä eri tuotantolaitosmallit vaikuttavat lopputuotteen hintaan. Tuotannon automatisointia tarkasteltiin eri prosessivaiheissa käytettävien koneiden ja laitteiden osalta. Lisäksi arvioitiin kone- ja laitevalintojen vaikutukset investointikustannuksiin sekä liiketoiminnan kannattavuuteen.

Tuotantoprosessin vaiheet tässä hankkeessa ovat olleet seuraavanlaiset:

- Turkistilat käsittelivät tutkimuksen mukaisin ohjein lannat biohiili+turve seoksella.
- Lanta +biohiili+turveseos toimitus kompostilaitokselle peräkärrykuljetuksena
- Kompostilaitoksella seos kompostoitui tunnelikompostointimenetelmänä 14 vrk ja korkein lämpötila oli noin +55 °C. Kompostilaitokselta saatiin prosessista digitaalinen seurantaraportti eri vertailuja varten.
- Kompostoinnin jälkeen kompostiseos oli jälkikypsytyksessä noin 12 kk.
- Pakkauksissa testattiin kahta erikokoista laatikkoa sekä irtotavarana

Hankkeessa tuotannon kaikki vaiheet toimivat manuaalisesti, massan siirrot traktorilla ja kauha-kuormaajalla. Kompostointi tunnelikompostorissa vaatii paljon manuaalista työtä. Seossuhteet mitattiin tilavuusosina traktorin etukauhalla. Kompostiseoksessa tehtiin eri seossuhteilla kasvualustaseoksia, jotka kaikki pakattiin laatikoihin käsityönä lapioimalla.

Jatkossa yrityksillä on mahdollisuus keskittää toimintoja ”Himangan kierrätyskampukselle” ja yhdistää raaka-aineiden ja tuotteiden logistiikat. Keskittäminen mahdollistaisi alueelle ympärivuotiset työpaikat. Laajempi kokonaisuus varmistaa osaamisen säilymisen ja kehitystyön jatkumisen myös ravinteiden kierrätyksen ja hiilen sidontaan keskittyvässä liiketoiminnassa.

### 7.1. Tila- ja laitetarpeet

Bioarvolantahankkeen käytössä oli tunnelikompostilaitos ja siinä oleva pieni valvontatoimisto. Kompostin jälkikypsytyksessä tehtiin jälkikypsytyksentällä.

Kompostoitavaksi toimitetulle lannalle ja kompostin seosaineille ei alueella ollut riittävästi katettua varastointitilaa. Myös seulottu komposti jouduttiin säilyttämään avokentällä. Jatkossa toimijan on tarve huomioida varastoitaville raaka-aineille ja valmiille seulotulle kompostille tarvittavat katokset. Uusia tiloja suunniteltaessa tulee niiden sijoittelussa ottaa huomioon massojen siirrot ja kulkureitit siten, että esim. raakalannan tuontireitti ei risteä valmiin tuotteen kuljetusreittien kanssa.

Oma-valvonnan mittauksia ja kasvatuskokeita varten tarvitaan tilaa, jota alkuvaiheessa saadaan valvomon uudelleenjärjestelyllä. Toiminnan laajentuessa saatetaan tätä varten tarvita lisätilaa, mikä tulee huomioida lisärakentamista suunniteltaessa.

### 7.2. Automaatio

Automaatio vähentää merkittävästi henkilöstökuluja, mutta investoinnit ovat merkittävästi suuremmat kuin manuaalisessa tuotannossa. Automaatio voidaan toteuttaa portaittain, jolloin investoinnit jakaantuvat usealle vuodelle tuotannon kasvun mukaan. Yrityksen tuotantomäärät tulee olla määrällisesti merkittävät, jos täysi tuotannon automaatio toteutetaan. Esimerkiksi manuaalinen tuotanto noin 100.000 kpl tuotannon osalta vaatii 19 henkilötyökuukauden työpanoksen ja vastaavasti sama määrä tehtynä täysautomatisoidulla tuotantolaitoksella 3 henkilötyökuukautta.

Koko tuotannon laatu- ja toiminnanohjausjärjestelmän vaatii merkittävässä määrin kehittämistä sekä pitkälle menevän automaation, jotta tuotanto voidaan kannattavasti toteuttaa. Tässä hankkees-

sa ei automaation mahdollisuuksia tai kustannuksia ole tarkemmin selvitetty. Jos yritykseen tulee mukaan sijoittajia, on tuotteita mahdollista lähteä viemään markkinoille nopeasti ja toteuttaa automaatio heti ensimmäisinä toimintavuosina.

## 8. Kompostin tuotteistaminen

Kompostin tuotteistamiseen liittyen on selvitetty kompostoidun turkislannan eri käyttömahdollisuudet ja tuotemallit sekä potentiaaliset markkina-alueet ja käyttäjäryhmät. Lisäksi on selvitetty bioalan uuden tuotteen/tuotteiden tuotetyyppien vaihtoehdot, soveltuvuus eri käyttäjäryhmille ja erityyppisille markkinoille, määrittelyperusteet sekä tarvitaanko eri markkinoille mahdollisesti tuotekohtaisia modifiointeja.

Tuotteistamista suunniteltaessa on etsitty turkislantakompostin arvioidulle tuotantomäärälle soveltuvia markkina-alueita ja keinoja, miten markkinoille on mahdollista päästä. Lisäksi on arvioitu olemassa olevien markkinoiden kypsyttää eri tuotevaihtoehdoille sekä brandäyksen hyödyntämis-mahdollisuuksia. Tuotteistamiseen on oleellisesti liittynyt myös markkinoinnin ja myynnin eri toimintamallien soveltuvuuden arviointi kotimaan ja kv-markkinoille.

Tuotteistamisessa tasa- ja hyvälaatuinen tuote sekä kasvuseoksen toimivuus suositelluille kasveille on tärkein. Jos tuotteen laatu ja pakkauksen toiminnallisuus tarkoitettuun kasvatuskäyttöön on hyvä, sen markkinoille vieminen ja hinnoittelu helpottuu.

Turkislantakompostiseoksen tuotteistamiseen liittyvissä selvityksissä on hanke tehnyt yhteistyötä BSAGn ja ProFurin kanssa.

### 8.1. Tuotteistamisen lainsäädäntö

Lannan käyttöä ja erityisesti prosessointia säätelevät EU:n sivutuoteasetus (1609/2009) ja sen täytäntöönpanoasetus (EU) 142/2011. Sivutuotelaissa (517/2015) ja sen nojalla annetussa asetuksessa eläimistä saatavista sivutuotteista 783/2015 säädetään helpotuksista sivutuoteasetukseen sekä valvonnasta.

EU:n sivutuoteasetuksessa eläimistä saatavat sivutuotteet on luokiteltu erityisiin luokkiin niiden ihmisten ja eläinten terveydelle aiheuttaman riskin vakavuuden mukaan. Lanta luokitellaan luokkaan 2 kuuluvaksi aineeksi. Yhtenä lannan käytön vaihtoehtona asetuksessa on kompostointi.

Tuotteistamista sääntelee lannoitevalmistelaki (539/2006) sekä sitä täydentävät Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista (24/11) ja Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta (11/12) muutoksineen. Tuotteen rekisteröinnistä ja toiminnan valvonnasta vastaavana viranomaisena toimii Evira. Lannoitevalmisteihin liittyvät ohjeet on koottu Eviran sivustolle osoitteeseen <https://www.evira.fi/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/kasvit/lannoitevalmisteet/>.

#### 8.1.1. Laitos- ja tuotehyväksynät

Yleisesti voidaan todeta, että uuden lannoitevalmisteen ilmoittaminen valvontarekisteriin ei ole monimutkainen prosessi. Jos taas tuotteelle ei ole kansallisessa tyyppinimiluettelossa sopivaa tyyppinimeä ja tuotteelle joudutaan hakemaan lannoitevalmistelain 7 §:n mukaista uutta tyyppinimeä, on se monimutkaisempi ja pidempiaikaisempi prosessi ja aiheuttaa yritykselle kustannuksia. Eviran lannoitevalmisteet -sivuilla on yksityiskohtaiset ohjeet uuden tyyppinimen tai tyyppinimen muutoksen hakemiselle kansalliseen tyyppinimiluetteloon. Yrityksen tulee varautua siihen, että tyyppinimihakemuksen laatimisessa ja käsittelyssä ei ole oikopolkuja. Hakemuksen laatija on vastuussa siitä, että tarpeelliset lannoitevalmistelain mukaiset tutkimukset on tehty. Tyyppinimi on voimassa sen jälkeen, kun Evira on siitä päättänyt sidosryhmiä kuultuaan ja EU:n notifiointiprosessi (vähintään 3 kk) on läpäisty. Kansallista tyyppinimiluetteloa täydennetään tarvittaessa, kun siihen on tullut riittävän monta tyyppinimimuutosta. Jos kyseessä on lannoitevalmiste, jolle on jo olemassa tyyppinimi, uuden lannoitevalmisteen rekisteröinti etenee nopeammin.

Toiminnassa tarvittavia lupia ovat mm.

- Ympäristölupa
- Kompostilaitoksen laitoshyväksyntä – lannoitevalmisteen valmistus
- Toiminnan aloittamisilmoitus
- Lannoitevalmistuslaki 539/2006
- Ilmoitus luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvien lannoitevalmisteiden luetteloon (luomulannoiteluettelo)

### 8.1.2. Tuoteselosteet

Eviran ohjeen mukaan ostajan tulee aina saada tuotteen mukana säädösten mukainen tuoteseloste. Se on painettava tai kiinnitettävä pakkaukseen. Irtotavaran kyseessä ollen tuoteseloste voidaan liittää tuotteen mukana seuraaviin asiakirjoihin, esimerkiksi kuormakirjaan, liitteenä. Tuoteselosteissa ilmoitettavat tiedot ja niiden analysointiin käytettävät menetelmät on määritetty MMMn asetuksessa (Maa- ja metsä-talousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11) . Eviran sivuilta löytyy malleja tuoteselosteesta osoitteesta:

[https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/kasvit/lannoitevalmisteet/lomakkeet/ohjeet/12507\\_03\\_maanparannuskompostin\\_tuoteselosteen\\_laatimisohe.pdf](https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/kasvit/lannoitevalmisteet/lomakkeet/ohjeet/12507_03_maanparannuskompostin_tuoteselosteen_laatimisohe.pdf).

Tuoteselosteen tulee sisältää mm. seuraavat tiedot:

- Tyypinimi
- Kauppanimi
- Raaka-aineet
- pH
- Johtokyky
- Ravinnepitoisuudet
- Kosteus
- Orgaaninen aines
- Tilavuuspaino
- Karkeusaste
- Haitallisten metallien pitoisuudet
- Käyttöohje
- Erätunniste
- Valmistaja

## 8.2. Markkinaselvitykset

Tehdyssä markkinaselvityksessä selvitettiin markkinoiden suuruutta ja arvoa. Kasvihuoneviljelyn osalta vertailutietojen saaminen oli hankalaa erilaisten tilastointitapojen osalta. Puutarha & Kauppa lehti välittää alan kehittymiseen ja tunnuslukuihin liittyviä ajantasaistietoja ammattilaisille. Saadun arvion mukaan Euroopan kasvualustamarkkinoiden arvo on noin 2 miljardia euroa.

Suomessa kasvihuoneviljelyä on noin 345 hehtaaria. Suomessa kasvihuoneyrittäjiä on noin 900 kpl ja tuotannon arvo on noin 270 milj. euroa. Luomun osuus viljelystä on noin 2–3 % ja pääosin viljellään ruokkuvihanneksia. Kasvihuoneviljely on muutoksen edessä, kalliiden tuotantokustannusten vuoksi. Kasvihuonekoko on kasvamassa ja keskittymässä suuremmiksi yrityksiksi. Tulevien vuosien kehitys todennäköisesti tapahtumaan ympärisvuotisiin ja ´äly´- kasvihuoneisiin ja uusiutuvan energian käyttöön, jolloin tuotanto jakaantuu ympäri vuoden ja energiakustannukset vähenevät alkuinvestointien jälkeen.

Pohjoismaissa kasvihuoneviljelyalaa on Ruotsissa noin 290, Tanskassa 432, Norjassa 200 ja Islannissa noin 20 hehtaaria. Pohjoismaissa on asukkaita yhteensä noin 26 miljoonaa ja varallisuus hyvä.



Markkinaselvitykseen sisällytettiin myös kilpailutilanne. Alalla toimivat pääkilpailijat ja heidän tuotteensa ovat:

- Vapo OYJ /Kekkilä
  - tunnetut brändit Kekkilä Garden, Hasselfors Garden ja Kekkilä Professional. Grow & Care.
  - Suurin raaka-ainetuottaja Euroopassa (turve) ja tavoite olla vahvin toimija Euroopassa.
- Biolan
  - Biolanin uusituote on sammalvilla, jonka markkinaosuus on tarkoitus hakea Euroopasta kasvihuoneviljelystä. Biolanin kasvualusta tuotteet; kasvusakki, kasvusammal, istutusmulta ym.
- Plantagen
  - Kasvualustaksi tarjoaa erityyppisiä multavalmisteita ja multakoulua.

### 8.3. Kyselytutkimus

Biohiilipohjaiseen kasvualustaan liittyvä kysely, jolla tavoiteltiin kasvihuoneviljelijöitä, jälleenmyyjiä ja yksityisiä kuluttajia, tehti joulukuussa 2017. Kyselyn jakelu oli Facebookissa, Twitterissä sekä kohdennetuilla sähköposteilla. Kyselyssä esiteltiin tuote ja sen käyttötarkoitus.

Vastauksia saatiin yhteensä 26. Vastaajista ammattipuutarhureita oli 12 % ja loput olivat kotipuutarhureita.

Ensivaikutelma: 96 % vastaajista piti tuotetta kiinnostavana. Tuotteen ekoloogisuus vaikuttaa ostopäätökseen noin 8 % vastaajista. Kuluttajapakkauksen valitsi 66,7 %, ammattipakkauksen 25 % ja suursäkistä oli kiinnostunut 8,3 % vastaajista. Vastaajista ostaisi tuotteen erittäin todennäköisesti 20 %, todennäköisesti 36 % ja melko todennäköisesti 24 %.

Vastaajien vaatimuksista kasvualustalle olivat tärkeimmät helppokäyttöisyys, siisteys, luomu, ekologinen, säilyvä rakenne. Vastaajista 45,5 % olisi valmis suosittelemaan tuotetta käyttöominaisuuksien ja 45,5 % ekologisuuuden vuoksi.

Kysymykseen, paljonko maksaisit tuotteestamme, vaihtelivat vastaukset pakkauskoon mukaisesti siten, että kuluttajapakkauksesta oltiin valmiit maksamaan 7–20 €, ammattilaispakkauksesta 15–20 € ja suursäkistä 60–150 €.

Kysymykseen, haluatko edistää kiertotaloutta ja olla mukana puhdistamassa Itämerä sekä omia lähivesiä, 18 vastaajasta 9 vastasi ”kyllä”.

Kiinnostuksensa kasvualustayrityksen joukkorahoitukseen osallistumisesta ilmaisi 6 vastaajaa.

## 9. Alueellinen verkostoituminen ravinnekierrätyksen edistämiseksi

Hankkeen aikana on käynnistetty yrityskierros, jonka tavoitteena on verkottaa koko Pohjanmaa yritykset ravinnekiertoon liittyvään yhteistyömahdollisuuteen. Hankkeen alussa verkostoon kuuluivat Kalajoen kaupunki, 5 yritystä, Luke sekä turkistuottajain liitto. Kolmessa vuodessa yrityskumppanien määrä kolminkertaistui ja syntyi yksi uusi yritys BiHii Oy. Yhteistyön lisääminen oli yksi hankkeen tavoitteista ja sen kehitystä myös seurattiin hankkeen aikana. Verkostanalyysin työkaluna käytettiin ”Value Mapping” työkalua, kuva 45, joka on kansainvälisen tutkimusryhmän kehittämä malli verkostoyhteistyön mittaamiseen (Bocken ym. 2013).

### Value mapping tool

Form a vision with external stakeholders by discussing concrete solutions

#### How to use it?

##### 1. Unit of analysis

What is the unit of analysis that is to be explored – product and/or service offering, business unit, firm, industry sector?

##### 2. Stakeholder Groups

Which organisations or individuals have influence or involvement in your business operations, or are influenced/ affected in any way by your business operations?

##### 3. Purpose

What is the primary reason(s) for the existence of your business and its network of stakeholders including the value chain? The purpose is more than just making money, although that may certainly be viewed as a primary reason.

##### 4. Value Captured

What positive tangible and intangible value is currently created for each of your stakeholders? For example, why does your customer buy the products and services offered? Does the business network mitigate or offset some negative outcomes e.g. carbon emissions?

##### 5. Value destroyed

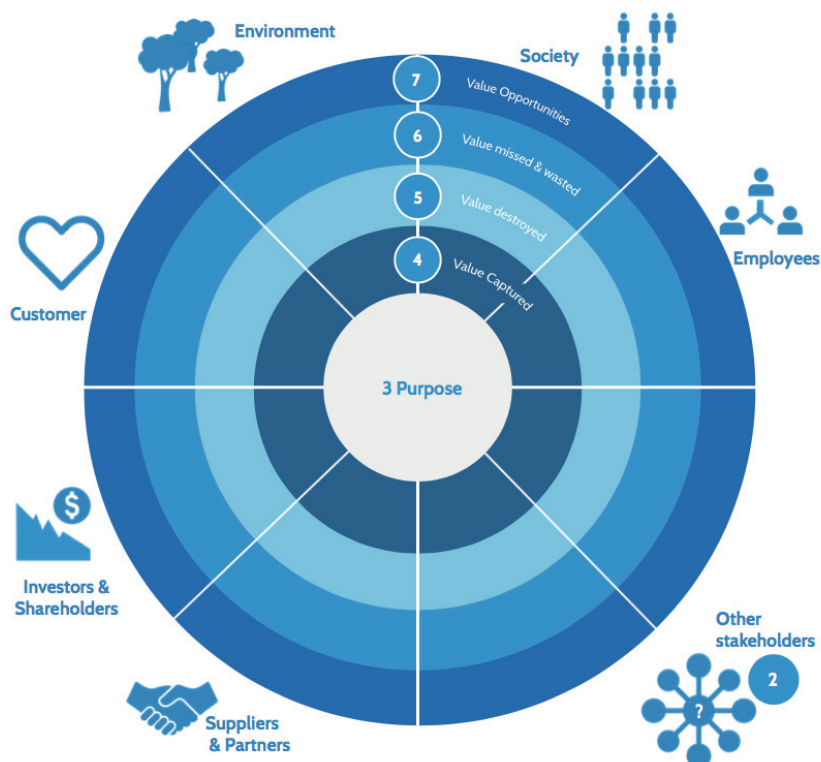
What are the negative outcomes of the business for any of your stakeholders? e.g. pollution, or loss of local employment caused by offshoring or global outsourcing etc.

##### 6. Value is missed or wasted

How might the business be missing an opportunity to capture value, or wasting or squandering value in its existing operations? e.g. risk of reputational damage, loss of customers, profitability and market share, risk of regulatory change. Are resources, assets, capacity and capabilities under-utilised?

##### 7. New Value Opportunities

What new positive value might the network create for its stakeholders through introduction of new capabilities, activities and relationships? Review the output of the previous steps (value created, destroyed and missed) and consider: how could more value be created?



Kuva 45. Value Mapping Tool- työkalun periaate.

Haastatteluilla kerättiin tietoa 25 toimijalta maakunnasta sekä osin sen ulkopuolelta. Tulostulosten yhteenvedon voidaan todetta, että verkosto toimi poikkeuksellisen hyvin muutamaa toimijaa lukuun ottamatta. Heti alussa todettiin, että mukana olleiden yritysten, Kalajoen kaupungin ja Luken tutkimustiimin toiminnot saatiin yhteen hyvin ja tulosta syntyi. Jo tässä vaiheessa kävi ilmi, että Pohjois-Pohjanmaa liitto osaa hoitaa ja tukea innovatiivisen hankkeen toimintaa niin, että uusi tieto voidaan ottaa heti käyttöön ja hyödyntää joustavasti hankkeen tavoitteiden saavuttamiseksi. Luotiin jopa tavoitteiden ylitysmahdollisuus! Ensimmäinen ”hyppäys” verkostoyhteistyön tehostamisessa saatiin, kun Stora Enso OY:n Lahden Design Studio tuli mukaan omalla EcoFishBox- tuotteellaan. Siitä alkoi innovatiivisen pakkauksen kehitys kohti muovitonta ja biohajoavaa kasvualustaratkaisua. Samaan aikaan Kalajoen kaupunki osoittautui poikkeuksellisen energiseksi, osaavaksi ja peräänantamattomaksi toimijaksi sekä verkoston kehittäjäksi maakunnassa. Tässä osiossa jatkossa esitetyt mielipiteet ja käsitykset ovat suoria poimintoja haastatteluista.

Tehoa ja osaamista myös tarvittiin ja koeteltiin, kun kompostointilaitoksen ympärille pyrittiin rakentamaan innovatiivista yhteistyöverkostoa. Kaikkia mukaanpyydettyjä alueella jo toimineita yrityksiä yhteistyö ei kiinnostanut. Kompostointilaitokseen liittyneet ongelmat eivät vaarantaneet itse hanketta, mutta aiheuttivat arviolta noin kahden vuoden viiveen ravinteiden kierrätykseen keskittyneille yrityksille. Myös viljelijöiden oman ammattijärjestön viestintä oli alussa ravinteiden kierrätystä vastustavaa ja häytti siten jatkorahoitusten hankintaa projektin aikana. Onneksi samaan aikaan hankekumppanit saivat vahvaa viestintätukea SITRA:lta ja BSAG-järjestöltä, joilla on vahvaa osaamista kiertotaloudesta ja siihen liittyvästä viestinnästä.

Aktiivisen viestinnän tuloksena verkostoon saatiin lisää yrityksiä, joilla oli osaamista ravinteiden kierrätyksestä ja hiilen sidonnasta. Verkostoitumisen ”toinen hyppäys” saatiin siinä vaiheessa, kun Kalajoen kaupunki sai Tuorilan Puutarha OY:n mukaan ja testaamaan innovatiivisia kasvualustoja kaupallisessa tomaatti- ja kurkkuviljelyssä. Kasvihuoneilla saatu näyttö korvasi muutamat hanke-suunnitelmaan kirjatut pilotit erinomaisesti. Käytännön tulokset valmistuivat jopa ennen kuin Luke sai omat kasvihuonekokeensa päätökseen. Tuorilan Puutarha Oy:ssä kehitetty viljelyratkaisu saattaa täyttää myös uudet EU:n luonnonmukaisen viljelyn vaatimukset. Asiaa selvinnee jo kesäkuun 2018 aikana.

Varsinainen kasvualustojen tuotekehitys ei kuulunut hankkeen tavoitteisiin. Jatkorahoitusta haettiin monista paikoista, turhaan. Ainakin toistaiseksi. Verkostanalyysissä toimijoiden vastauksissa esiin nousi kaksi vakaavaa ongelmaa. Yksittäiset ministeriöiden virkamiehet ottivat poliittisten päättäjien roolin viestiessään, että turkistuotanto on päättyvä toimi-ala Suomessa eikä siihen liittyvät ravinneasiat kuulu kehitettävien teknologioiden piiriin. Toinen, ja varsin yleinen, ongelma liittyi rahoittajien olemattomaan tietämykseen biopohjaisten tuotteiden kaupallistamisen viiveistä. Ei ymmärretä yrittäjien tarvetta tuottaa suurta määrää tietoa viranomaisille, kasvilajikohtaisten kasvualustojentuotekehitystarvetta saati eri kuluttajille sopivien lopputuotteiden pakkausvaatimuksista. Ulkona olevan kypsän kompostiauman rinnastaminen lopputuotteeksi osoitti tietovajeet, jotka tulee paikata, jotta ne eivät jatkossa vaikuta rahoituspäätöksiin ja sitä kautta hidasta uusien biopohjaisten kiertotaloustuotteiden kehittämistä.

Julkisen sektorin verkosto-osaamisen huippua sen sijaan osoittivat Evira:n virkamiehet, jotka tukivat hankkeen yrittäjiä ja tuotekehitystä esimerkillisen hyvin. Evira:ssa siirtymä ”valvojasta valmentajaksi” toteutui tässä hankkeessa todella hyvin. EU:n kasvihuonetuotannon säädöksiin tulevat muutokset voivat synnyttää (Eviran tuella) verkostoitumisen ”kolmannen hyppäyksen” jolla on ratkaiseva merkitys biohajoavien kasvualustojen myyntiin Euroopassa.

Jatkossa on yritysten ja kaikkien toimijoiden syytä panostaa kuluttajaviestintään, jolla saadaan kysyntää ravinteiden kierrätykseen ja hiilensidontaan perustuvalla viljelyllä ja elintarviketuotannolla. Kiertotalouden kannalta ratkaisevaksi kehityskohteeksi nousee myös verkostojohtaminen, jolla määritellään toimijoiden yhteinen ansaintalogiikka sekä tahtotila päästä markkinoille monista vastoin käymisistä huolimatta.

Myös politiikkaohjauksella on iso merkitys tämän hankkeen jatkajille ja verkostoille, joiden menestys perustuu kiertotalouden kehitykseen, hiilen sidonnan yleisiin tavoitteisiin sekä muovin käytöstä luopumiseen elintarvikesektorilla. Uuden kehittämiseen tarvitaan rahoitusta, joka kattaa myös markkinoinnin ja myynnin aloittamisen. Pelkät hankeraportit eivät synnytä uutta liiketoimintaa synnyttä eivätkä varmista aluetalouden kasvua varmista.

## 10. Johtopäätökset

Biohiilellä on hankkeen tulosten perusteella ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää turkislannan jatkokäsittelyssä ja tarhojen ympäristöpäästöjen vähentämisessä. Biohiili osoittautui hyväksi lannan kateaineeksi, joka vähensi ammoniakkipäästöjä. Ketunlannalla ammoniakkin päästö varjotalojen alta pieneni selvästi katteella. Minkinlannassa teho oli heikompi, mutta lantakekojen kaadolla sen tehoa pystyttiin parantamaan lyhytaikaisesti. Täten minkeillä katteen levitysvälin tulisi olla lyhyempi kuin ketuilla. Myös kompostin seosaineena biohiili alensi kompostointiprosessin poistokaasujen ammoniakkipitoisuutta. Biohiiliturveseoksen lisääminen kompostimassaan vähensi ammoniakkin ja metaanin päästöjä keskimäärin runsaat 30 % koko mittausjaksolla verrattuna pelkkään lantakompostiin. Biohiili ei vaikuttanut dityppioksidin päästöön, ja vähensi hieman (15 %) hiilidioksidin muodostusta.

Hankkeen tulosten perusteella tehtiin arvio biohiili-turveseoksen käytön vaikutuksista turkislannan varastoinnin ja levityksen kaasumaisiin päästöihin. Laskelma perustuu siihen, että katetta levitetään tarhoilla viikon välein siten, että minkinlanta tasoitetaan ennen levitystä ja kompostoinnissa käytetään biohiili-turveseosta 10 % lannan tilavuudesta. Tuhannen turkislantatonnin ammoniakkipäästö vähenisi noin neljä tonnia (38 %) mutta dityppioksidin päästö nousisi 0,08 tonnia (17 %). Metaanin päästöt vähenisivät 7,5 tonnia (30 % laskennallisesta päästöstä).

Jos turkistarhoilla jatkossa käytetään varjotalojen alla biohiiltä sisältäviä katteita, voidaan valumavesien ravinnepitoisuuksien olettaa alentuvan. Hankkeessa ei kuitenkaan biohiilen vaikutusta tarha-alueiden ja kompostin jälkikypsytyksen valumavesiin pystytty selvittämään. Tämän selvittämiseksi olisi syytä käynnistää erillinen hanke.

Kompostointiprosessin aikana kompostista ja poistokaasupesurista muodostui runsaasti typpi-pitoista suotovettä. Prosessin korkean lämpötilan johdosta veden hygieeninen laatu oli hyvä, joten sen hyödyntäminen esimerkiksi lannoiteliuoksena on syytä selvittää uudella kehityshankkeella.

Kasvualustatuotannon kannattavuus kulminoituu siihen, miten nopeasti valmis tuote saadaan markkinoitua. Turkislantaa käytettäessä suurin osa lannasta muodostuu syksyn aikana, ja kuluttajille tarkoitettujen kasvualustojen myyntisesonki on keväällä. Kompostin kypsymisaika on hankkeen tulosten mukaan vähintään 6–8 kk. Täten syksyllä aloitettu kompostointierä ei ole vielä valmis kevään myyntiin. Siksi jatkohankkeella tulee selvittää, pystytäänkö kompostoitumisprosessia nopeuttamaan lisäämällä kuivikkeita runsaammin turkistarhoilla ja saamaan kompostoituminen alkamaan jo siellä. Toisena vaihtoehtona prosessia olisi mahdollista nopeuttaa pidemmällä alkukompostoinnilla tunnelissa. Hankkeessa tehty 4 viikon tunnelikompostointi antoi tästä viitteitä, mutta tulos pitää varmentaa useammalla tunneliajolla jatkohankkeissa.

Tehdyissä viljelykokeissa koekasvien kasvu vastasi melko hyvin kompostin sisältämää liukoista tyyppiä. Viljelykokeet antoivat viitteitä biohiilen positiivisista vaikutuksista kasvutuloksiin. Jotta biohiilen vaikutus maan kasvukuntoon voidaan luotettavasti todentaa, tarvitaan pidempiaikaisia kasvatuskokeita erilaisissa olosuhteissa.

Kompostilla lannoitetulta viherrakennuskoealueelta kerätyt ensimmäisen kevään valumavedet sisälsivät huomattavasti enemmän tyyppiä ja fosforia kuin verrokkina olleen lannoittamattoman alueen vedet. Syynä tähän lienee alueen perustaminen vasta keskikesällä, jolloin kasvusto ei ehtinyt ottamaan ravinteita ennen runsaita valunjoja. Jos lantakomposteja käytetään viherrakentamiseen, tulisi niistä muodostuvien valumavesien laatua seurata ja alueen perustamisajankohdan sekä kompostin käyttömäärän määrittämistä varten toteuttaa jatkohanke.

Kasvihuoneviljelykokeella selvitettiin valmiin turkislantakompostikasvualustan soveltuvuutta salaatile, yrteille ja orvokille. Kokeen tulosten perusteella 100 % komposti soveltui hyvin basilikalle ja salaatile. Orvokille se ei soveltunut yhtä hyvin, ja kasveissa oli havaittavissa lehtien kuivumista. Kokeita tulisi jatkaa, jotta kasvualustan soveltuvuus mahdollisimman monelle kasville voidaan todentaa. Lisäksi olisi suositeltavaa tehdä lehvästön ravinneanalyysijä, jotta voidaan varmistua siitä, että tuotteet eivät sisällä EU-lainsäädännön mukaan liian suuria pitoisuuksia tiettyjä alkuaineyhdisteitä, kuten esim. nitraatteja. Orvokki oli hyvä valinta koekasviksi, koska sen perusteella tiedämme, että korkeille

johtokyvyille, kloridille ja mahdollisesti jollekin muulle kompostin ominaisuudelle herkäät kasvilajit pitää testata erikseen tapauskohtaisesti.

Sekä kasvihuoneviljelykokeissa että yksityisellä puutarhalla tehdyissä kokeiluissa todettiin, että kasvatustilaatikkona käytetty pahvilaatikko soveltui hyvin kasvatukseen katetuissa olosuhteissa. Ongelmaksi muodostui molemmissa tapauksissa kastelu, jota ei osattu riittävästi rajoittaa. Jatkossa tulisi selvittää tarkemmin, miten biohiilen vedenpidätyskyky huomioidaan kastelussa. Selvitettävänä olisi mm. miten paljon kastelua tulee vähentää ja miten kastelu tulee rytmittää, jotta kasveja ei kastella liikaa.

Biopohjaisten tuotteiden kaupallistaminen ja markkinoille saaminen on pitkä prosessi. Aloittavalla yrityksellä ei itsellään ole useinkaan käytettävissään riittäviä resursseja prosessiin läpiviemiseen. Siksi se onnistuakseen vaatiikin useiden toimijoiden hyvää yhteistyötä ja verkostoitumista. Ravinteiden kierrätys osana kiertotaloutta on noussut tärkeäksi kehittämiskohteeksi tämän hankkeen aikana. Samoin ilmastonmuutoksen hillintään ja hiilen sidontaan liittyvät asiat ja teknologiat ovat nousemas-  
sa liiketalouden merkittäviksi ajureiksi. Kaikki nämä asiat ovat olleet hankkeemme tavoitteissa ja osa turkistuotannon ja kompostitekniikan kehittämistä. Fosforin kierrätys Itämerestä biohajoaviin kasvu-  
alustalaatikoin teki tästä hankkeesta mielenkiintoisen ja julkisuudessaakin seuratus. Suunniteltuja tavoitteita täydennettiin merkittäväksi Stora Enson liittyessä hankkeeseen. Muoviset laatikot korvaavat kierrätettävät alustat lisäsivät hankkeen innovatiivisuutta ja tuotteiden kaupallistamismahdollisuutta merkittävästi. Uudella kumppanuudella saatiin merkittävä osaamislisä tuotekehitykseen ja innovatiivisten tuotteiden kaupallistamiseen.



## Kirjallisuus

- Bocken, N., Short, S., Rana, P. & Evans, S. 2013. A value mapping tool for sustainable business modelling. *Corporate Governance* 13(5): 482–497. <https://doi.org/10.1108/CG-06-2013-0078>
- Doydora, S. A., Cabrera, M.L. & Das, K. C. 2011. Release of Nitrogen and Phosphorus from Poultry Litter Amended with Acidified Biochar. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8(5): 1491–1502. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051491>
- Fagernäs, L., Kuoppala, E., Arpiainen, V., Tiilikkala, K., Lindqvist, I., Lindqvist, B., Järvinen, O., Hagner, M., Setälä, H. & Bergroth, K. 2012. Hidaspyrolyysin liiketoimintojen kehittäminen Suomessa. *VTT Technology* 59. 69 s. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>
- Halinen, A. & Tontti, T. 2004. Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. *MTT:n selvityksiä* 70. [Viitattu 2016-03-07]. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts70.pdf>
- Hovi, A. 1999. Kompostoinnin vaiheet. Julkaisussa: Järvinen, K. & Suokas, P. (toim.). Eläköön komposti. Lannoittamisen olemuksesta. 2. Painos. Helsinki: Hakapaino Oy. s. 14–40.
- Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venetlampi, O. & Vuorinen, A. 2006. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. *VTT tiedotteita* 2351. Helsinki: Valopaino Oy.
- Kapuinen, P. 2013. Turkiseläinten lanta porkkanan kasvinravitsemuksessa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja* no 30. Hakojärvi, M., Schulman, N. (toim.). Saatavilla: [www.smts.fi](http://www.smts.fi). ISBN 978-951-9041-58-2.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I. & Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH<sub>4</sub> uptake and water holding capacity - Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, ecosystems & environment* 140(1–2): 309–313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>
- Mao, J. -D., Johnson, R. L. & Lehmann, J. 2012. Abundant and Stable Char Residues in Soils: Implications for Soil Fertility and Carbon Sequestration. *Environmental Science & Technology* 46(17): 9571–9576. <https://doi.org/10.1021/es301107c>
- Pradhan, S.K., Nerg, A-M., Sjöblom, A., Holopainen, J.K. & Heinonen-Tanski, H. 2007. Use of Human Urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*) - Impacts on chemical, microbial, and flavor quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(21): 8657–8663. <https://doi.org/10.1021/jf0717891>
- Pradhan, S.K., Pitkänen, S. & Heinonen-Tanski, H. 2010. Fertilizer value of urine in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) cultivation. *Agricultural and Food Science* 19(1): 57–68. <https://doi.org/10.2137/145960610791015032>
- ProFur 2013. Tilastot. Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto Ry. 34 s. Saatavilla: <http://www.profur.fi/Tilastoja>
- Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo, T. & Ahvenjärvi, S. 2014. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. *MTT Raportti* 127. 42 s.
- Rekilä, R., Vertanen, P. & Rekilä, T. 2010. Turkiseläintilan ympäristökäsikirja. Päivitetty versio vuodelta 2010. Saatavilla: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/turkistilanymparistokasikirja>
- Steiner, C., Melear, N. & Harris, K. 2011. Biochar as bulking agent for poultry litter composting. *Carbon Management* 2(3): 227–230. <https://doi.org/10.4155/cmt.11.15>
- Sun, F. & Lu, S. 2014. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore- space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 177(1): 26–33. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200639>
- Tiilikkala, K., Holstila, T. & Rasa, K. 2013. Testaus hitaan pyrolyysin soveltuvuudesta biomassojen prosessointiin uusiksi tuotteiksi ja energiaksi. Loppuraportti. Saatavilla: <http://www.fskk.fi/index.php?section=126>



Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000